

Factsheet

Compatibilité électromagnétique (CEM) d'implants médicaux actifs au poste de travail

Table des matières

1. Introduction
2. Implants médicaux actifs (AIMD)
3. Interférences électromagnétiques
4. Valeurs limites et normes
5. Postes de travail, activités et installations présentant un risque d'interférences
6. Etudes scientifiques et rapports de cas
7. Discussion
8. Mesures et recommandations
9. Prévention médicale des accidents professionnels – Annonce à la Suva
10. Résumé

1. Introduction

La compatibilité électromagnétique (CEM) désigne l'aptitude d'un appareil électrique ou électronique à fonctionner sans dégradation de qualité dans son environnement. Les implants médicaux actifs (active implanted medical devices [AIMD] en anglais) peuvent subir des perturbations (interférences) susceptibles d'avoir différents effets sur la santé. Face au nombre croissant de porteurs d'AIMD également dans la population active, il faut supposer que la problématique des interférences électromagnétiques (IEM, electromagnetic interferences [EMI] en anglais) va prendre de plus en plus d'importance à l'avenir.

Ce document présente les postes de travail soumis à des interférences, les éventuelles conséquences de ces interférences et les mesures permettant de minimiser le risque de perturbations. Les informations fournies ont une portée générale. Elles indiquent où et dans quelles situations un examen du poste de travail et une appréciation du risque individuels sont nécessaires sans pour autant pouvoir les remplacer.

Certains chapitres, identiques à ceux du document «Compatibilité électromagnétique de stimulateurs cardiaques et de défibrillateurs implantables dans l'environnement de systèmes électroniques de sécurité», ont été repris en vue d'une meilleure compréhension ⁽¹⁾.

2. Implants médicaux actifs (AIMD)

On regroupe sous la notion d'implants médicaux actifs («active implanted medical devices» [AIMD] en anglais) les implants qui disposent de leur propre source de courant et qui permettent d'influencer ou de diriger des fonctions corporelles. Jusqu'ici, les recherches sur la compatibilité électromagnétique des implants se sont surtout concentrées sur les interférences entre champs magnétiques et **stimulateurs cardiaques** («pacemakers», SC) et **défibrillateurs implantables** (défibrillateurs cardioverters implantables, DCI). Les SC et les DCI sont les plus répandus en nombre, et c'est sur ces appareils que les éventuels effets des interférences peuvent être les plus graves. Outre les stimulateurs cardiaques et les défibrillateurs implantables, font partie des implants médicaux actifs les pompes à perfusion d'insuline, les implants cochléaires, les stimulateurs gastriques et vésicaux ainsi que les neurostimulateurs et les myostimulateurs. La liste n'est pas exhaustive, et les sortes d'implants vont encore se diversifier en fonction des progrès de la médecine. Toutefois, le nombre de données disponibles concernant la compatibilité électromagnétique de ces implants est faible par rapport à celui des données relatives aux SC et aux DCI.

En Suisse, plus de 20 000 personnes vivent aujourd'hui avec un stimulateur cardiaque, et environ 2000 sujets portent un défibrillateur cardiovertor implantable (DCI, «implanted cardioverter defibrillator» [ICD] en anglais) ⁽²⁾.

Le type d'appareil est fonction de l'affection de base. Les appareils actuels peuvent être programmés de l'extérieur, c'est-à-dire également après l'implantation, selon la fonction requise. Les différents modes de stimulation sont classés selon un code international qui permet de comprendre immédiatement le fonctionnement global de l'appareil ^(3, 4).

Code NBG (code générique mis au point par la North American Society of Pacing and Electrophysiology [NASPE] et par le British Pacing and Electrophysiology Group [BPEG] afin de distinguer les différents types de stimulateurs cardiaques)

1 ^{re} lettre	2 ^e lettre	3 ^e lettre	4 ^e lettre	5 ^e lettre
Site de stimulation	Site de détection	Mode de fonctionnement	Asservissement de fréquence	Multistimulation
O = aucune	O = aucune	O = aucun	O = aucun	O = aucune
A = oreillette	A = oreillette	T = déclenché	R = asservi à l'effort	A = oreillette
V = ventricule	V = ventricule	I = inhibé		V = ventricule
D = dual (A+V)	D = dual (A+V)	D = dual (T+I)		D = dual (A+V)

Code NBD -Code ((code générique mis au point par la North American Society of Pacing and Electrophysiology [NASPE] et par le British Pacing and Electrophysiology Group [BPEG] afin de distinguer les différents types de défibrillateurs).

1 ^{re} lettre	2 ^e lettre	3 ^e lettre	4 ^e lettre
Site de délivrance du choc	Site de stimulation antitachycardique	Détection de tachycardie	Site de stimulation antibradycardique
O = aucune	O = aucune	E = électrogramme	O = aucune
A = oreillette	A = oreillette	H = hémodynamique (mesure d'autres paramètres tels que paramètres sanguins) (H inclut E)	A = oreillette
V = ventricule	V = ventricule		V = ventricule
D = dual (A+V)	D = dual (A+V)		D = dual (A+V)

Explications:

Site de stimulation et de détection: oreillette ou ventricule pour les systèmes simples ou monochambre, oreillette et ventricule pour les systèmes double chambre.

Mode de fonctionnement:

- déclenché: stimulation synchrone en cas de fréquence pré réglée et d'absence d'activité cardiaque.
 - inhibé: en cas d'activité cardiaque propre, la délivrance d'une impulsion est retenue.
- Asservissement de fréquence: la fréquence de la stimulation est adaptée à l'effort physique.

Le codage figure sur le boîtier et sur le carnet de pile.

3. Interférences électromagnétiques

Tant les stimulateurs cardiaques que les défibrillateurs implantables disposent d'électrodes qui peuvent servir d'antennes à des signaux exogènes. Les signaux exogènes de même intensité et de même fréquence que le signal cardiaque physiologique peuvent être faussement interprétés par l'implant. Bien que les implants les plus récents disposent d'algorithmes leur permettant d'éviter les interférences non désirées, des perturbations du rythme cardiaque peuvent parfois survenir en raison de l'inhibition ou du déclenchement des impulsions du stimulateur. Cette situation est susceptible de causer des vertiges ou une perte de conscience chez les personnes dépendant d'un stimulateur et peut même, dans le pire des cas, avoir une issue fatale.

Avec les stimulateurs cardiaques, les interactions suivantes sont théoriquement possibles ⁽⁵⁾:

- Un signal perturbateur similaire aux potentiels d'action cardiaque est interprété comme un signal cardiaque et conduit à l'inhibition de la stimulation ou à la délivrance d'un choc. En mode DDD, une détection atriale en dehors des périodes réfractaires accélère généralement les stimulations ventriculaires.
- Sous l'influence d'un signal supérieur au seuil de perturbation, le SC arrête d'identifier les signaux d'action cardiaque et passe à la stimulation de base prédéfinie (programme d'urgence), ce qui entraîne une stimulation asynchrone persistante. Des impulsions en phase vulnérable peuvent déclencher une tachycardie ou une fibrillation ventriculaires.

- Des champs magnétiques continus peuvent avoir une influence directe sur l'électronique du stimulateur. Les champs magnétiques utilisés par le cardiologue pour le réglage des SC et des DCI peuvent, s'ils sont appliqués involontairement, entraîner de dangereux changements de mode ou une inhibition.
- Un fort signal perturbateur induit directement une tension dans les électrodes du SC, ce qui peut conduire à une stimulation directe.

Un DCI peut identifier par erreur une perturbation de la fréquence comme une fibrillation ventriculaire, d'où le déclenchement d'un choc inadéquat. Les stimulateurs unipolaires sont plus vulnérables que les stimulateurs bipolaires et que les DCI. Avec les stimulateurs unipolaires, l'électrode unique de la sonde représente la cathode, le boîtier faisant office d'anode (distance anode/cathode allant jusqu'à 22cm). Avec les stimulateurs bipolaires, les deux électrodes situées sur la sonde sont distantes d'environ 2 cm. En ce qui concerne l'effet d'antenne mentionné, la distance entre les électrodes est déterminante: par rapport aux systèmes unipolaires, les champs des systèmes bipolaires et des DCI doivent être respectivement 17 fois et 1,7 plus élevés pour entraîner une perturbation. Un stimulateur unipolaire réglé sur la plus forte sensibilité et implanté à gauche constitue la situation la plus défavorable; un champ magnétique alternatif peut induire un signal perturbateur dans la surface de boucle, qui est susceptible d'atteindre 225 cm² chez les grandes personnes ⁽⁶⁾.

4. Valeurs limites et normes

A l'échelon international ou européen, il n'existe pas encore de normes ni de réglementations uniformes fixant les seuils de sécurité de la compatibilité électromagnétique en vue de protéger les porteurs d'implants médicaux actifs. Dans le projet de norme DIN VDE 0848-3-1 («Sécurité dans les champs électriques, magnétiques et électromagnétiques», mai 2002), les seuils ont été fixés de sorte que plus de 95% de tous les appareils implantés en Allemagne entre 1995 et 1999 ne soient pas perturbés. Actuellement, un nouveau projet de norme européenne se trouve en consultation (EN 50527-1). Pour l'appréciation du risque, la Suva s'appuie encore sur le projet de norme DIN VDE 0848-3-1.

5. Postes de travail, activités et installations présentant un risque d'interférences

Les branches produisant de puissants champs électromagnétiques présentent un risque d'interférences. Vous trouverez ci-après les postes et procédures de travail susceptibles de comporter un tel risque dans certaines conditions. Cette énumération n'a nullement la prétention d'être exhaustive.

- **Procédés d'induction**

Différents procédés par induction à basse et à haute fréquence permettent d'élever la température de matériaux (par ex. chauffage par induction à haute fréquence, soudage à l'arc par induction à basse fréquence, fours). Le port de bagues et de bracelets peut être dangereux (risque de brûlures cutanées) en cas d'utilisation manuelle.

- **Postes de soudage**

Les postes de soudage sont largement répandus dans l'industrie et dans l'artisanat. Des interférences peuvent survenir lors des procédés suivants: soudage à l'arc électrique, soudage par résistance, soudage par points et soudage par hystérésis diélectrique. Il faut noter que, pour une question de poids, le soudeur tient souvent le câble de l'électrode par-dessus l'épaule, c'est-à-dire près du corps, ce qui augmente le risque d'interférences du fait de la faible distance entre la source du champ et l'implant.

- **Electrolyse**

Des systèmes d'électrolyse utilisant un courant électrique de forte intensité sont employés pour la production de chlore et d'aluminium par exemple. Il faut noter que, pour des raisons d'ordre économique ou technique, les installations ne peuvent pas être éteintes pendant la maintenance.

- **Imagerie par résonance magnétique (IRM)**

L'imagerie par résonance magnétique est utilisée dans la médecine, dans l'industrie et dans la recherche. La technique développe des appareils toujours plus puissants qui présentent une meilleure résolution. Des appareils générant des champs de 5 teslas en pratique clinique et des champs allant jusqu'à 11 teslas dans la recherche et le développement sont déjà employés de nos jours. L'examen IRM s'accompagne de champs statiques, de champs magnétiques variables (produits par des champs de gradients créés eux-mêmes par des champs électriques induits) et des champs à haute fréquence. Le champ statique ne peut pas être coupé, car il est produit par un aimant permanent. Cet aspect est important avant tout pour les travaux de maintenance. L'appareil peut par ailleurs attirer des objets ferromagnétiques susceptibles d'entraîner des blessures. Dans les milieux spécialisés, ce phénomène est connu sous l'expression «flying objects».

- **Systèmes électroniques de sécurité**

Cette notion regroupe pour l'essentiel des systèmes de reconnaissance de personnes par puces de radio-identification (radio frequency identification systems [RFID] en anglais), des détecteurs de métaux ainsi que des systèmes de surveillance antivol des articles (electronic article surveillance [EAS] en anglais). Le risque principal est lié aux installations de sécurité acoustomagnétiques, qui produisent des champs puissants à basse fréquence. Les dispositifs de désactivation représentent également un danger, car ils nécessitent des champs plus puissants par rapport aux dispositifs de détection. Pour de plus amples informations, se référer au document «Compatibilité électromagnétique de stimulateurs cardiaques et de défibrillateurs implantables dans l'environnement de systèmes électroniques de sécurité» ⁽¹⁾.

- **Plasturgie**

Dans la plasturgie, de fortes énergies de décharge peuvent donner lieu à des champs électriques statiques. Le risque d'interférences avec des AIMD est faible.

- **Aimants permanents et électroaimants**

Des aimants puissants tels qu'ils sont utilisés pour les grues, pour le maintien temporaire de pièces à usiner ou pour la fabrication de moteurs peuvent entraîner des interférences qui peuvent également être produites par des aimants permanents si ces derniers sont portés près de l'implant (pour fixer des badges par ex.).

- **Alimentation énergétique / Courant de traction**

L'environnement de générateurs, de transformateurs et de lignes à courant fort présente un risque d'interférences. Seules des personnes habilitées peuvent accéder à ces installations, qui sont signalées par des panneaux d'avertissement et d'interdiction. Le danger est donc important avant tout lors de travaux de maintenance. C'est le courant électrique qui constitue le premier risque d'accident.

- **Installations émettrices**

La localisation et la délimitation des installations émettrices fixes de tout type et des stations radars civiles et militaires empêchent normalement les expositions involontaires à des champs supérieurs aux valeurs limites (8). Du fait de leur usage par différents fournisseurs et de la nécessité de maintenir la communication en cas d'urgence (secours, police, service du feu), il est souvent impossible de couper complètement les installations pendant la maintenance. Les appareils de téléphonie mobile en mode émission peuvent produire des interférences s'ils se trouvent à proximité immédiate de l'implant.

- **Postes de travail annexes / Sources CEM cachées**

Il faut également songer au risque d'interférences à des postes de travail annexes (câble à courant fort dans un mur ou dans le sol et par conséquent invisible de l'extérieur par exemple). La puissance des champs diminue avec la distance.

La plupart des autres postes de travail ne présentent généralement pas de risques d'interférences et respectent les valeurs de la norme DIN VDE 0848-3-1. Comme exemple typique, citons la place de travail de bureau avec les appareils électroniques habituels tels qu'ordinateurs, écrans ou imprimantes. Selon l'état actuel des connaissances, la téléphonie sans fil (DECT) n'est pas non plus préoccupante en ce qui concerne le risque d'interférences (7).

6. Etudes scientifiques et comptes rendus de cas

Jusqu'à présent, les études se sont principalement orientées sur la sensibilité aux interférences électromagnétiques des stimulateurs cardiaques et des défibrillateurs implantés. La quantité de données concernant les autres AIMD est encore faible. Nous vous présentons ci-après quelques études expérimentales et rapports de cas portant sur des interférences entre des SC/DCI et l'alimentation secteur ainsi que des installations électroniques de sécurité.

Lors d'une étude expérimentale, Trigano et alii (9) ont examiné l'influence sur des stimulateurs cardiaques permanents de champs magnétiques de 50 Hz avec une densité de flux allant jusqu'à 100 μ T. Trois stimulateurs unipolaires sont passés en mode asynchrone du fait de l'exposition. Le seuil de perturbation minimal était de 45 μ T. Les appareils bipolaires n'ont montré aucun risque notable d'interférences.

Lors d'une étude expérimentale, Scholten et alii (10) ont considéré le risque théorique de porteurs de stimulateurs unipolaires sous une ligne aérienne à haute tension. Ils ont examiné un champ magnétique de 50 Hz avec une densité de flux de 50 μ T en valeur réelle résultant d'une ligne de 2,2 kA et de 380 kV. Selon les auteurs, un risque mortel pour les porteurs de stimulateurs est peu vraisemblable. Comme une interférence ne peut toutefois pas être entièrement exclue, d'autres études sont nécessaires.

Mugica et alii ⁽¹¹⁾ ont étudié 204 porteurs de stimulateurs cardiaques provenant de sept fabricants différents (129 DDD, 71 VVI et 4 VDD). En tout, ils ont évalué 408 expositions à des installations de sécurité disposant d'un système acoustomagnétique (signal de 58 kHz intermittent) et d'un système électromagnétique (signal de 73 Hz continu). Ils ont observé chez 17 % des patients une ou plusieurs interférences deux fois plus fréquentes en milieu acoustomagnétique qu'en milieu électromagnétique. Les principaux problèmes ont concerné la détection (sensing anomalies). Aucune déprogrammation n'a été enregistrée. Un patient a ressenti des palpitations en restant au niveau du dispositif de sécurité. Toutes les interférences ont été transitoires.

Gimbel et alii ⁽¹²⁾ ont décrit en 2007 deux cas d'interférences. Un homme de 71 ans porteur d'un DCI qui s'était arrêté 30 secondes près d'un système électronique de sécurité placé derrière la table d'emballage a reçu deux chocs. Le DCI a interprété le signal de l'EAS comme une fibrillation ventriculaire. Chez une femme de 76 ans, l'inhibition du stimulateur monochambre a déclenché une syncope.

7. Discussion

Grâce aux progrès de la médecine, de plus en plus d'implants médicaux actifs sont utilisés chez de jeunes patients et donc au sein de la population active, ce qui augmente le risque d'interférences avec des champs électromagnétiques aux postes de travail. En l'occurrence, le risque ne dépend pas seulement de la puissance des champs et de la durée d'exposition, mais également de facteurs individuels tels que le type d'implant, sa localisation dans le corps et de paramètres personnels tels que surface thoracique et taille. Il faut s'attendre à observer la plus forte influence chez les personnes grandes et minces. Les systèmes unipolaires, qui sont les stimulateurs les plus sensibles aux perturbations, ne sont plus que rarement implantés de nos jours. Pour les personnes «SC-dépendantes», mais également pour les porteurs de DCI, les IEM peuvent représenter un risque considérable pour la santé et même avoir une issue fatale dans le pire des cas.

Les rapports sur de tels cas ne sont fort heureusement pas nombreux, et ce, sans doute pour différentes raisons. D'un côté, le thème n'est pas nouveau; aux postes de travail, les personnes concernées ont déjà été informées des risques, et les mesures de précaution nécessaires ont été prises. D'un autre côté, les efforts du fabricant pour réduire la sensibilité des implants, les informations des médecins traitants (généralement cardiologues) et des fournisseurs ainsi que la conscience du risque par les personnes concernées jouent probablement un rôle. Face au développement des applications techniques (sources CEM) et aux progrès de la médecine dans le domaine des AIMD, le thème de la compatibilité électromagnétique ne devrait nullement perdre de son actualité à l'avenir.

Il est en outre nécessaire de procéder à une appréciation du risque individuelle des postes de travail liés à la production de puissants champs électromagnétiques. Il s'agit des postes de travail des domaines mentionnés (liste non exhaustive): approvisionnement énergétique (50 Hz), courant de traction (16 2/3 Hz), utilisation de processus d'induction, soudage électrique, électrolyse, installations émettrices, IRM et systèmes électroniques de sécurité. Pour les postes où les expositions se situent bien au-dessous des valeurs appliquées actuellement, la probabilité d'interférences est extrêmement faible. En cas de doute, un entretien avec un expert est recommandé.

Nous vous présentons ci-après des recommandations pour la réduction du risque.

8. Mesures et recommandations

- Une évaluation individuelle du risque comprenant une appréciation technique et médicale doit être effectuée chez les porteurs de SC, de DCI ou d'autres implants médicaux exposés de façon reconnue dans leur travail à de puissants CEM. Des spécialistes (médecins du travail et spécialistes de la sécurité au travail) seront associés à cette évaluation, qui doit se fonder sur les indications du fabricant et du cardiologue.
- S'il n'est pas possible d'exclure un risque d'interférences avec des implants médicaux actifs, les installations seront identifiées par un signal d'interdiction pour les porteurs de stimulateur et éventuellement par d'autres informations (distance de sécurité, etc.) et/ou seront réglementées pour ce qui est de leur accès.
- L'employeur doit informer régulièrement ses collaborateurs sur les risques que représentent les installations produisant de puissants champs électromagnétiques pour les porteurs de SC, de DCI ou d'autres implants médicaux actifs.
- Avant une intervention prévue, le cardiologue sera informé sur les conditions électromagnétiques du poste de travail afin de pouvoir si possible en tenir compte pour le choix du type d'implant, de sa localisation et de sa programmation.

Il faut en outre observer les recommandations suivantes en cas d'installations électroniques de sécurité:

- Lors du choix des systèmes électroniques de sécurité, on donnera la préférence à ceux qui, en vertu de leurs propriétés physiques, ne présentent pas de risque d'interférences. Les systèmes acoustomagnétiques se sont révélés être les plus problématiques, car ils impliquent des puissances de champs magnétiques relativement élevées et de faibles fréquences.
- Les systèmes électroniques de sécurité doivent être bien visibles et ne pas être situés aux endroits où les personnes ont généralement l'habitude de rester un certain temps.
- Si le porteur d'un implant médical actif doit travailler dans l'environnement d'un système électronique de sécurité, les risques concrets doivent être appréciés avant le début de l'activité.
- Les porteurs d'AIMD passeront rapidement à travers les installations de sécurité et respecteront une distance appropriée («Don't linger, don't lean!»: ne pas s'attarder, ne pas prendre appui).

En outre, lors de soudage à l'arc électrique, les précautions suivantes s'imposent ⁽¹³⁾:

- Porter des gants isolants et des chaussures avec une semelle en caoutchouc (gants secs en cuir, caoutchouc ou matière ignifugée).
- Choisir une intensité de courant aussi faible que possible (elle ne doit pas dépasser 400 ampères).
- Regrouper le câble d'amenée et le câble de retour (masse) et les torsader pour qu'ils ne forment pas de boucles. Placer la pince de masse le plus près possible de la soudure.
- Maintenir à distance le générateur de courant et les câbles.
- Ne pas tenir le câble par-dessus l'épaule lors du soudage et ne pas se trouver dans les câbles.
- Ne pas souder de courts points et joints à séquences trop rapprochées. Observer une pause de dix secondes après chaque section.

- En cas de difficultés d'allumage (surface sale par exemple), ne pas taper sur la pièce à intervalles trop rapprochés avec l'électrode. Observer une pause de dix secondes avant chaque nouvelle tentative.
- En cas d'apparition de symptômes (vertiges ou sentiment de faiblesse par exemple), arrêter immédiatement le soudage et poser l'appareil. S'éloigner du générateur. Prendre contact avec son médecin traitant.
- Ne pas souder tout seul sur des échelles ou dans des espaces confinés.

9. Prévention médicale des maladies professionnelles – Annonce à la Suva

Si un accident risque de se produire au travail en raison d'une interférence électromagnétique, une annonce à la Suva est nécessaire (Suva Lucerne, Division médecine du travail, Fluhmattstr. 1, 6002 Lucerne, arbeitsmedizin@suva.ch). Tel est par exemple le cas lorsqu'une interférence est susceptible de provoquer des troubles ou une perte de conscience et que les activités sont effectuées en hauteur ou sur des machines à parties rotatives. En vertu de l'ordonnance sur la prévention des accidents et des maladies professionnelles (OPA, art. 70 et ss.), la Suva évalue l'aptitude du travailleur concerné et peut prononcer une décision d'aptitude conditionnelle ou d'inaptitude en cas de risque d'accident considérablement accru. En général, des mesures techniques ou organisationnelles permettent d'éviter une telle conséquence.

10. Résumé

Des interférences électromagnétiques (IEM) sont possibles entre des installations susceptibles de produire de puissants champs électromagnétiques et des implants médicaux actifs. Les conséquences les plus graves peuvent se présenter pour les personnes qui portent un stimulateur cardiaque ou un défibrillateur. Grâce aux progrès de la médecine, de plus en plus d'implants médicaux actifs sont utilisés, notamment chez des personnes encore en âge de travailler. Pour éviter les CEM aux postes de travail ou lors d'activités qui peuvent impliquer des champs électromagnétiques élevés, une appréciation du risque par des spécialistes est nécessaire. Le présent document décrit des exemples caractéristiques de tels postes. Si l'on pense qu'une perturbation de la fonction de l'implant peut entraîner un accident, il faut l'annoncer à la Suva dans le cadre de la prévention médicale des accidents professionnels.

Le secteur physique de la division protection de la santé au poste de travail et la division médecine du travail de la Suva à Lucerne se tiennent à disposition pour tout renseignement complémentaire.

Sources

1. Amport Th.: Compatibilité électromagnétique de stimulateurs cardiaques et de défibrillateurs implantables dans l'environnement de systèmes électroniques de sécurité; Informations médicales Suva 2009; www.suva.ch/fr/Arbeitsmedizin/Factsheets
2. Fondation Suisse de Cardiologie
3. Störspannungsschwelle für gegenwärtig implantierte HSM und Defibrillatoren, Fb 1059 baua; M. El-Fikri, S. Goltz, S. Eggert, 2005
4. NASPE/BPEG (North American Society of Pacing and Electrophysiology/British Pacing and Electrophysiology Group)
5. Eggert S. et alii: Störbeeinflussung aktiver elektronischer Implantate durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder; Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 1999
6. Irnich W. et alii: Electronic Security Systems and Active Implantable Medical Devices; *Pace* 2002; 25: 1235-1258
7. OFSP: www.ofsp.admin.ch / Fiches d'information CEM / DECT
8. Valeurs limites d'exposition aux postes de travail 2009, Suva, réf. 1903.f
9. Trigano A. et alii: Clinical study with cardiac pacemakers by a magnetic field at power line frequencies; *J Am Coll Cardiol* 2005; 45: 896-900
10. Scholten A. et alii: Unipolar cardiac pacemakers in electromagnetic fields of high voltage overhead lines; *J Med Eng Technol* 2005; 29: 170-175
11. Mugica J. et alii: Study of Interactions between Permanent Pacemakers and Electronic Antitheft Surveillance Systems; *PACE* 2000; 23: 333-337
12. Gimbel J.-R. et alii: Electronic Article Surveillance Systems and Interactions with Implantable Cardiac Devices: Risk of Adverse Interactions in Public and Commercial Space; *Mayo Clin Proc* 2007; 82: 318-322
13. Jossen H.: Vorsichtsmassnahmen für Personen mit HSM oder ICD beim elektrischen Lichtbogenschweissen, 2004; Suva, division protection de la santé au poste de travail; secteur physique