

# Guide de radioprotection

Dispositifs émettant des champs  
magnétiques statiques



Comité de radioprotection  
Service de sécurité et de prévention

## TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION .....	3
2. CHAMPS MAGNÉTIQUES STATIQUES .....	4
3. RISQUES ASSOCIÉS .....	7
4. RISQUES ADDITIONNELS POUR LA RÉSONANCE MAGNÉTIQUE NUCLÉAIRE .....	11
5. LIMITES D'EXPOSITION .....	13
6. MESURES DE SÉCURITÉ.....	14
7. TRANSPORT ET DISPOSITION .....	16
8. JOINDRE LE SECTEUR DE LA RADIOPROTECTION .....	17
ANNEXE 1 – GRILLE DE CONTRÔLE .....	18
ANNEXE 2 – DISTANCES AIMANTS NÉODYME ET EN FERRITE .....	23
ANNEXE 3 – RÈGLES DE SÉCURITÉ .....	25

## 1. INTRODUCTION

Ce document fournit de l'information de base sur les champs magnétiques statiques et sur les risques qui leur sont associés, et indique les limites d'exposition appliquées à l'Université Laval. Il s'appuie sur les recommandations nationales et internationales en vigueur, provenant entre autres des publications suivantes :

- *Guidelines on limits of exposure to static magnetic field*, Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants (2009);
- Code de sécurité 26 - Lignes directrices sur l'exposition aux champs électromagnétiques provenant d'appareils cliniques à résonance magnétique, Santé Canada (2019).

### 1.1 PORTÉE

Ce document s'adresse à tous les membres de l'Université Laval qui accèdent à des locaux ou enceintes à l'intérieur desquels des champs magnétiques statiques supérieurs à 0,5 mT (5 Gauss) sont mesurés de façon permanente ou régulière. Il permet de mettre en œuvre les mesures appropriées pour éviter les risques à la santé, de blessures graves et de dommages aux appareils.

Les appareils ou dispositifs produisant ces champs incluent, sans s'y limiter:

- Appareils à résonance magnétique nucléaire (RMN) ou à résonance paramagnétiques électroniques (RPE, RSE) ;
- Aimants permanents puissants accessibles et manipulés dans le cadre du travail, et dont les intensités de champ en surface sont de l'ordre de plusieurs centaines de mT;
- Certains équipements fonctionnant avec un électroaimant qui produisent des champs importants mesurés **à l'extérieur** d'un périmètre restreint.

### 1.2 LE SECTEUR DE LA RADIOPROTECTION

Le secteur de la radioprotection est rattaché au Service de sécurité et de prévention (SSP) de l'Université. Il s'assure de l'utilisation sécuritaire des rayonnements dangereux et du respect de la réglementation qui entoure leur utilisation, et il applique les exigences du Comité de radioprotection de l'Université Laval<sup>1</sup>.

La spécialiste des risques spécifiques est responsable de la radioprotection à l'Université pour les rayonnements ionisants et non ionisants, à l'exclusion du rayonnement laser<sup>2</sup>. Elle a autorité sur les chercheurs, les étudiants et les employés de l'Université pour faire respecter les exigences des organismes réglementaires et du Comité de radioprotection.

---

<sup>1</sup> [https://oraweb.ulaval.ca/pls/cno/affiche\\_cno.proc\\_affiche?no=68](https://oraweb.ulaval.ca/pls/cno/affiche_cno.proc_affiche?no=68)

<sup>2</sup> [https://oraweb.ulaval.ca/pls/cno/affiche\\_cno.proc\\_affiche?no=253](https://oraweb.ulaval.ca/pls/cno/affiche_cno.proc_affiche?no=253)

## 2. CHAMPS MAGNÉTIQUES STATIQUES

Un champ magnétique est représenté par des lignes de flux magnétiques qui entourent un aimant ou un fil conducteur transportant de l'électricité (Figure 1). Ces lignes de flux exercent des forces sur les matériaux environnants qui comportent également une composante magnétique (aimants, matériaux ferromagnétiques, substances ou matériaux comportant des particules chargées en mouvement).

Les champs magnétiques statiques sont générés par des dipôles magnétiques présents dans certaines matières naturelles et artificielles. Ces dipôles peuvent être observés tant à l'échelle macroscopique qu'à l'échelle atomique et on les retrouve dans les aimants permanents<sup>3</sup>, les électroaimants<sup>4</sup>, autour de procédés fonctionnant en courant électrique continu<sup>5</sup>, etc.

Notons que la terre agit comme un dipôle magnétique produisant des lignes de flux, lesquelles établissent un champ magnétique naturel autour de la terre.<sup>6</sup>

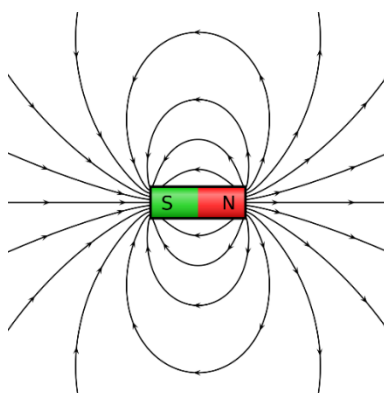


Figure 1: Lignes de flux émanant d'un aimant permanent<sup>7</sup>

### 2.1 GRANDEURS ET UNITÉS

Le champ magnétique est généralement défini par la densité de flux magnétique  $B$  (ou induction magnétique), qui représente la quantité de lignes de champ magnétique qui traversent une surface.

Son unité est le tesla  $T$  (unité du Système international d'unités), mais le Gauss est également couramment utilisé (1 Gauss (G) = 0,1 millitesla (mT)).

La densité de flux magnétique est affectée par la géométrie de la source et sa magnitude se calcule différemment selon le type de source (fil simple, solénoïde, aimant permanent droit, cylindrique, en anneau, etc.).

---

<sup>3</sup> Des objets naturels ou artificiels formés d'un matériau dont le magnétisme ne s'estompe jamais. Ces aimants ont la propriété d'être attirés et repoussés par un autre aimant.

<sup>4</sup> Dans les électroaimants, le champ magnétique est engendré par un courant électrique parcourant un fil simple ou une bobine, par exemple un solénoïde.

<sup>5</sup> Courants dont la fréquence est nulle,  $f=0$  Hz.

<sup>6</sup> La valeur du champ magnétique terrestre varie entre 30  $\mu T$  et 60  $\mu T$ , selon la localisation sur terre.

<sup>7</sup> Figure tirée de <https://fr.wikiversity.org>.

Par exemple pour un fil simple (Figure 2), la magnitude de B autour du fil est définie par :

$$B = (\mu_0 * I) / 2\pi r$$

$\mu_0$  = constante magnétique de valeur  $4\pi * 10^{-7}$  ((Tesla\*mètre)/ampère)

I = courant appliqué dans le circuit (ampère)

r = distance par rapport au fil (mètre)

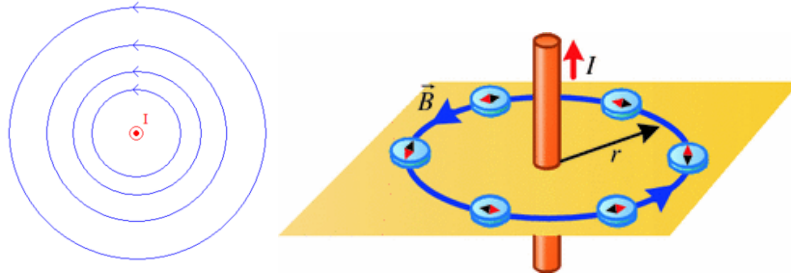


Figure 2: Lignes de champs d'un fil simple<sup>8</sup>

Alors que pour un solénoïde (Figure 3), la magnitude B au centre du solénoïde est définie par :

$$B = (\mu_0 * I * N) / l$$

$\mu_0$  = constante magnétique de valeur  $4\pi * 10^{-7}$  ((Tesla\*mètre)/ampère)

N = nombre de spires

I = courant appliqué dans le circuit (ampère)

l = longueur du circuit (mètre)

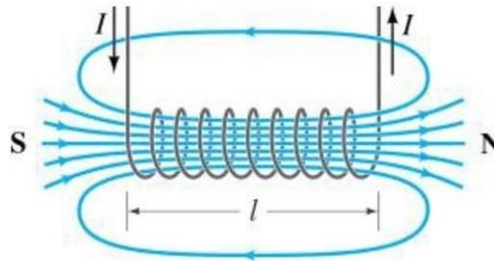


Figure 3: Lignes de champs d'un solénoïde<sup>9</sup>

Notons que les champs magnétiques vont créer des forces de déplacement sur les charges en mouvement (électrons, protons, ions), mais que ces forces n'induiront pas de changement dans leur vitesse. Par conséquent, les champs magnétiques ne transfèrent pas d'énergie à la matière<sup>10</sup>.

<sup>8</sup> Figure tirée de [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-23026-4\\_26](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-23026-4_26)

<sup>9</sup> Figure tirée de <https://slideplayer.com/slide/15465987/>

<sup>10</sup> Par opposition aux ondes électromagnétiques (ex. ondes UV, IR, micro-ondes, etc.) qui transfèrent leur énergie à la matière.

## 2.2 PORTÉE DANS LES MATÉRIAUX

Les lignes de champs magnétiques pénètrent et traversent aisément plusieurs matériaux, mais leur intensité (leur densité de flux) décroît rapidement avec la distance. Le niveau de diminution dépend de la source d'émission, et serait généralement inversement proportionnel au cube de la distance (Intensité  $\propto 1/d^3$ ).

Pour une bobine aimantée utilisée en RMN, l'intensité des lignes de champs diminue avec le cube de la distance selon l'expression suivante<sup>11,12</sup>:

$$B_1(d_1)^3 = B_2(d_2)^3$$

où :

B = intensité du champ en mT

d = distance en m

Ainsi, si le champ mesuré à 2 m de l'aimant est de 5 mT, son intensité à 4 m sera :

$$B = 5\text{mT} \times (2\text{m}/4\text{m})^3 = 0,6 \text{ mT}$$

Il n'existe pas de matériaux qui arrêtent (qui bloquent) simplement les champs magnétiques. Il existe toutefois des matériaux dont les propriétés magnétiques leur permettent en quelque sorte de rediriger les lignes de champs présentes<sup>13</sup>.

Ces matériaux constituent une forme de blindage qui diminue les niveaux de champs autour des équipements qui émettent des champs magnétiques statiques.

Prendre note que malgré la présence de blindage, les niveaux de champs résiduels peuvent excéder les limites d'exposition permises à courte distance. Un contrôle du champ magnétique sur place peut déterminer si les limites sont respectées.

---

<sup>11</sup> Ceci s'applique à partir d'une distance minimalement égale au double du diamètre de la bobine.

<sup>12</sup> Jonsson and Barregard, Estimated exposure to static magnetic fields for the staffs of NMR-units, Occupational Medicine, 46(1), 17-19.

<sup>13</sup> [https://fr.wikipedia.org/wiki/Spectrom%C3%A8tre\\_RMN](https://fr.wikipedia.org/wiki/Spectrom%C3%A8tre_RMN) et [http://www.magnetic-shield.com/pdf/magnetic\\_fields\\_shields\\_overview.pdf](http://www.magnetic-shield.com/pdf/magnetic_fields_shields_overview.pdf)

### 3. RISQUES ASSOCIÉS

Dans certaines conditions, les champs magnétiques statiques peuvent poser un risque à la santé<sup>14</sup>. Par **induction de courants électriques**, ils peuvent causer des effets qui sont ressentis au niveau des cellules biologiques ou qui peuvent provoquer le dysfonctionnement de dispositifs médicaux électroniques.

Par des **interactions magnétomécaniques**, ils peuvent provoquer le déplacement non contrôlé d'équipements ferromagnétiques, comme des outils ou des dispositifs médicaux ferromagnétiques implantés chez les personnes.

#### 3.1 INDUCTION DE COURANTS ÉLECTRIQUES

##### Effets sur les électrolytes du plasma sanguin

Les champs magnétiques statiques exercent des forces sur les charges électriques se déplaçant dans le système vasculaire sanguin, et peuvent générer des variations dans le potentiel électrique des vaisseaux et dans l'activité électrique du cœur. Des modélisations de l'électrophysiologie cardiaque indiquent qu'à des niveaux élevés, des arythmies cardiaques légères ou importantes pourraient être ressenties.

Il est peu probable que des champs inférieurs à 8 T affectent la fréquence du rythme cardiaque.

##### Effets sur les tissus

Les champs magnétiques statiques peuvent induire des courants électriques dans les tissus vivants dans certaines circonstances<sup>15</sup>. Des troubles sensoriels temporaires peuvent être ressentis : sensation de vertige, trouble du sens de l'équilibre induisant la nausée ou perception de taches lumineuses/éclairs (magnétophosphènes) dues à des variations de courants dans la rétine ou le cortex visuel.

Ces effets cessent lorsque l'individu n'est plus soumis au champ, et il est peu probable de les observer dans des champs inférieurs à 2 T.

##### Effets sur les dispositifs médicaux électroniques

Le fonctionnement de dispositifs médicaux électroniques peut être temporairement affecté en présence de **faibles** champs magnétiques statiques.

Des interrupteurs magnétiques présents dans les stimulateurs cardiaques et défibrillateurs peuvent être activés. Ces dysfonctionnements peuvent engendrer des étourdissements, des palpitations et des faiblesses.

---

<sup>14</sup> ICNIRP 2009, Guidelines on limits of exposure to static magnetic field, Health Physics, 96(4), 504-514. / ICNIRP 2009, FACT SHEET on the Guidelines on limits of exposure to static magnetic field, 3 p. Récupéré de : <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPFactSheetStatic.pdf> / UCBERKELEY 2018, Non-ionizing radiation safety manual, Récupéré de: <https://ehs.berkeley.edu/laser-safety/non-ionizing-radiation-safety-manual#module4> / SUPERMAGNETE Récupéré de : <https://www.supermagnete.fr/faq/Quelle-est-la-distance-de-securite-a-respecter-par-rapport-a-mes-appareils#distances-de-scurit-recommandes-pour-aimants-nodyme>

<sup>15</sup> Les champs magnétiques statiques peuvent induire des courants électriques *lorsque le sujet est en déplacement* dans le champ. Les champs magnétiques statiques *uniformes* peuvent induire des courants électriques *lorsque le sujet est en déplacement non linéaire* (rotations ou allers-retours) dans le champ. Des courants ne seront pas induits si le sujet est en déplacement linéaire. Les champs magnétiques statiques *à gradient* (c.-à-d. non uniformes) peuvent induire des courants électriques *dès que le sujet est en déplacement* (linéaire ou non linéaire).

Le fonctionnement de divers autres types de dispositifs, comme les pompes à hormones, les dispositifs de stimulation neuromusculaire, les dispositifs prothétiques régulés par un système électrique (prothèse au niveau de l'oreille par exemple), peut également être affecté.

Les personnes portant ces dispositifs **ne doivent pas être admises** dans des locaux ou enceinte à l'intérieur desquels des champs pouvant excéder 0,5 mT sont mesurés.

### 3.2 INDUCTION D'INTERACTIONS MAGNÉTOMÉCANIQUES

Dans un champ magnétique statique, d'importantes forces d'attraction peuvent s'exercer sur les objets ferromagnétiques<sup>16</sup> présents dans l'environnement, ce qui peut causer leur déplacement incontrôlé.

#### Effets sur les dispositifs médicaux métalliques (ferromagnétiques)

Plusieurs dispositifs médicaux implantés, comme des pinces et clips chirurgicaux ou des prothèses, contiennent des matériaux ferromagnétiques.

Des forces d'attraction peuvent provoquer le déplacement de ces dispositifs, particulièrement ceux de grande taille (prothèse de hanche par exemple), ce qui peut causer des blessures internes.

Les personnes portant ces dispositifs **ne doivent pas être admises** dans des locaux ou enceinte à l'intérieur desquels des champs pouvant excéder 0,5 mT sont mesurés.

#### Effets sur les objets métalliques environnants (ferromagnétiques)

Des objets comme des cylindres de gaz, porte-clés, bijoux, tournevis et la plupart des outils sont conçus avec des matériaux ferromagnétiques. Ces derniers peuvent devenir des projectiles dans des champs supérieurs à 3 mT, principalement autour des appareils RMN où d'importants gradients de champs<sup>17</sup> sont présents. Par conséquent, un outil tel qu'un tournevis peut subitement être attiré vers l'appareil, avec suffisamment de force pour blesser une personne ou endommager le système.

Dans le cas des appareils RMN, une collision entre un objet de taille importante et l'appareil peut causer un *quench* (voir section 4.1).

Plus la distance entre l'objet ferromagnétique et l'aimant est courte, et plus la masse de l'objet est importante, plus la force d'attraction est importante.

Mais attention : même un petit objet de faible masse peut devenir un projectile dangereux s'il se déplace à grande vitesse. Il ne faut pas sous-estimer l'augmentation de l'intensité du champ à l'approche de la source.

---

<sup>16</sup> Les matériaux ferromagnétiques sont des substances qui ne possèdent pas de magnétisme permanent, mais qui sont attirées par un aimant. Ces matériaux sont généralement fabriqués à partir du fer, du cobalt, du nickel ou du gadolinium.

<sup>17</sup> Gradient de champs - Augmentation abrupte de l'intensité des lignes de champs lorsqu'on se déplace en direction de l'appareil.



Seuls les **objets non ferromagnétiques** (petits ou grands) sont permis à l'intérieur d'un champ pouvant excéder 3 mT.

Si un objet heurte un appareil RMN :

1. **Rester attentif, car un quench pourrait se produire (section 4.1)**
2. **Aviser immédiatement les responsables de l'appareil**
3. **Aviser le SSP au poste 555 ou à partir des téléphones rouges**

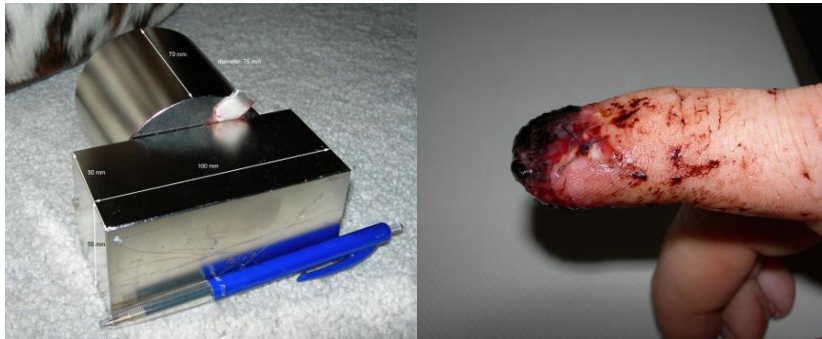
#### Collision et écrasement – aimants permanents

De fortes forces d'attraction existent entre les aimants permanents. Par conséquent, des parties du corps peuvent se trouver prisonnières entre deux aimants qui entrent en collision, occasionnant des contusions, des ecchymoses et, dans le cas d'aimants plus puissants, des fractures.<sup>18</sup>

Notons que les champs mesurés au contact de certains aimants utilisés à l'Université sont de l'ordre de plusieurs centaines de mT.

Exemple d'incident<sup>19</sup> - Le doigt d'un individu a été sectionné lorsqu'un aimant au néodyme N45 (dimension : 10x5x5 cm) est entré en collision avec un second aimant N45 (dimension : 7,6 cm diamètre/6,3 cm épaisseur) séparé du premier par 50 cm (Figure 4). De tels aimants peuvent fournir des forces d'écrasement de 350 kg et 180 kg respectivement, lorsqu'ils sont attirés par des aimants similaires.

Il est recommandé de porter des gants de protection anti-écrasement lors de la manipulation d'aimants de masse importante.



**Figure 4:** Blessure résultant d'une collision entre deux aimants néodyme N45

<sup>18</sup> [https://www.supermagnete.de/fre/data\\_sheet\\_S-45-30-N.pdf](https://www.supermagnete.de/fre/data_sheet_S-45-30-N.pdf)

<sup>19</sup> <https://geekologie.com/2009/02/guy-loses-finger-to-neodymium.php>

### Précisions pour les aimants au néodyme

Les aimants au néodyme sont cassants, sensibles à la chaleur et peuvent se fissurer ou craquer lors d'une collision:

**Portez des lunettes de sécurité lors de leur manipulation.**

Les aimants au néodyme sont souvent recouverts d'une fine couche de nickel-cuivre-nickel pour les protéger de l'érosion. Il faut éviter que ce revêtement éclate ou qu'il se fissure :

**Séparez les aimants avec un morceau de carton et évitez les collisions.**

Les aimants au néodyme non traités s'oxydent rapidement et doivent être entreposés dans un environnement sec. Ils ne sont pas conçus pour une utilisation continue à l'extérieur.

Lors du perçage ou du sciage d'un aimant avec des outils inappropriés, l'aimant peut se casser. La chaleur émergente peut démagnétiser l'aimant :

**Évitez d'usiner des aimants si vous ne disposez pas des équipements et de l'expérience nécessaires.**

### Risques pour les équipements environnants

Le fonctionnement de certains équipements peut être altéré en présence de faibles champs magnétiques.

- Des montres et des caméras peuvent être endommagées de façon irréversible si elles sont exposées à des champs supérieurs à 1 mT.
- Des informations inscrites sur des cartes (ex. cartes bancaires) ou des bandes magnétiques peuvent être perdues.

## 4. RISQUES ADDITIONNELS POUR LA RÉSONANCE MAGNÉTIQUE NUCLÉAIRE

Compte tenu du type d'équipements nécessaires au fonctionnement de ces appareils, les risques additionnels suivants sont associés aux appareils à résonance magnétique nucléaire (RMN).

### 4.1 QUENCH ET RISQUES D'ASPHYXIE

Un *quench* se produit lorsqu'un aimant supraconducteur perd sa supraconductivité.

Lors d'un *quench*, il y a reprise de la résistance dans la bobine d'électroaimant, dans laquelle circule un courant de l'ordre de centaines d'ampères. Par conséquent, le réchauffement rapide de la bobine entraîne la brusque évaporation des liquides cryogéniques qui sont utilisés (hélium,  $T_{\text{liquide}} = -269\text{ °C}$  ; azote,  $T_{\text{liquide}} = -196\text{ °C}$ ).

Le ratio des volumes gaz/liquide est de 757/1 pour l'hélium et de 695/1 pour l'azote : la brusque vaporisation des liquides peut déplacer l'oxygène de la pièce (Figure 5) et représenter un danger d'asphyxie important.



Figure 5: Vaporisation d'hélium due au *quench* d'un appareil RMN<sup>20</sup>

Un détecteur de niveau d'oxygène dans l'air doit être installé et la mise en place d'un système de ventilation supplémentaire (un conduit d'évacuation rapide vers l'extérieur du bâtiment activé en cas d'alarme) doit être considéré.

Un *quench* est détecté par les émissions visibles et sonores de gaz et par l'alarme du moniteur de concentration d'oxygène.

Si un *quench* se produit ou si l'alarme de détection d'oxygène s'active:

1. **Évacuer la salle immédiatement**
3. **Si possible, empêcher d'autres personnes d'entrer dans le local**
4. **Composer le 911**
5. **Aviser le SSP (poste 555 ou téléphones rouges)**

Un *quench* peut également entraîner des dommages graves et coûteux au système magnétique (risques de détérioration irréversible de l'aimant).

<sup>20</sup> Figure tirée de <http://mriquestions.com/what-is-a-quench.html>

## 4.2 RISQUES ÉLECTRIQUES

Le courant appliqué pour la supraconductivité RMN est de l'ordre de centaines d'ampères, ce qui pose un risque d'accident électrique.

Les câbles, fils et connexions doivent être correctement isolés et leur intégrité doit être inspectée sur une base régulière.

Pour des informations concernant les dangers de nature électrique, veuillez référer au **Guide Sécurité électrique applicable lors de l'acquisition, la conception, l'installation, la modification d'appareils, d'équipements et de prototypes**, produit par la Direction de la Santé et mieux-être au travail de l'Université. Ce guide inclut les activités d'inspection, de nettoyage, de réparation, d'entretien et d'ajustement des équipements.

Ce guide est accessible à partir du site intranet des Ressources Humaines ([Guide sécurité électrique](#)), ou en communiquant par courriel à : [dsmet@vrrh.ulaval.ca](mailto:dsmet@vrrh.ulaval.ca).

## 4.3 RADIOFRÉQUENCES (RF)

Le risque d'exposition aux RF concerne principalement les appareils d'imagerie par résonance magnétique (IRM) que l'on retrouve dans les centres hospitaliers. Pour ces appareils, l'équipement doit être vérifié et le contact direct avec les sources de radiofréquence doit être empêché.

Pour tous les types d'appareils, les limites publiées par Santé Canada<sup>21</sup> pour l'exposition aux radiofréquences doivent être respectées.

L'exposition à des niveaux importants de RF est peu probable pour les appareils à résonance magnétique nucléaire (RMN) utilisés à l'Université.

Pour mesurer les niveaux de radiofréquences autour des équipements en laboratoire, veuillez communiquer avec le secteur de la radioprotection à : [Radioprotection@ssp.ulaval.ca](mailto:Radioprotection@ssp.ulaval.ca)

---

<sup>21</sup> Santé Canada, 2019, Code de sécurité 6 - Lignes directrices sur l'exposition aux radiofréquences, 96(4), 24 pages.

## 5. LIMITES D'EXPOSITION

Des limites d'exposition ne sont pas établies au Canada et dans les provinces pour les champs magnétiques statiques. L'Université Laval applique, comme le fait le Ministère du Travail de l'Ontario, les limites de l'*American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) et de la Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants (ICNIRP 2009). Ces limites sont données au tableau 1.

Le tableau 1 donne également les niveaux à partir desquels les objets avec supports magnétiques peuvent être endommagés et à partir desquels les objets ferromagnétiques peuvent se déplacer.

Prendre note que l'annexe 2 rapporte des distances sécuritaires recommandées par un fabricant pour des aimants au néodyme et aimants en ferrite.

**Tableau 1** : Limites d'exposition et valeurs rapportées en fonction des risques

Exposition	Limite
Ligne au sol pour les RMN	0,5 mT
Accès pour les porteurs d'implants médicaux <sup>22</sup> électroniques, électriques ou mécaniques ou d'implants comportant des matériaux ferromagnétiques	0,5 mT
Dommages possibles aux objets magnétiques (montres, effacement de supports magnétiques, cartes de crédit et bancaires, etc.)	1 mT
Les objets ferromagnétiques peuvent être accélérés en direction de la source avec une force suffisante pour blesser des personnes	3 mT
Accès pour les membres du public	400 mT
Accès aux locaux pour les personnes autorisées	2000 mT
Accès aux locaux en environnement contrôlé : pour des personnes ayant reçu une formation spécifique et dont les procédures de travail sont contrôlées	8000 mT

<sup>22</sup> Stimulateurs cardiaques, défibrillateurs, pompes implantables (ex. pour infusions hormonales, comme l'insuline), dispositifs de stimulation neuromusculaires (ex. dispositif sphinctérien), neurostimulateurs, prothèses électroniques, etc.

## 6. MESURES DE SÉCURITÉ

Le secteur de la radioprotection doit être informé **de l'acquisition ou de la fabrication** de dispositifs dont les champs sont susceptibles de dépasser les valeurs du tableau 1 de façon permanente ou régulière à l'extérieur d'un périmètre restreint.

Les professeurs, chercheurs ou membres du personnel responsables doivent inscrire leur dispositif à partir du site : [XXX \(quand Miriam aura terminé\)](#)

Le secteur de la radioprotection communiquera avec les personnes responsables afin d'évaluer si les mesures suivantes doivent être mises en place :

### 6.1 CONTRÔLE DES ACCÈS

Les portes d'accès aux locaux doivent être fermées à clé.

Seules les personnes autorisées doivent avoir accès à ces locaux.

### 6.2 SÉCURITÉ DES ÉQUIPEMENTS

Seuls des objets non ferromagnétiques peuvent être amenés à l'intérieur de la zone de 0,5 mT (voir section 6.6). À titre d'exemple, seuls des équipements non ferromagnétiques sont utilisés pour l'entreposage et le transfert des liquides cryogéniques utilisés avec les appareils RMN (cylindres, dewars, matériel de transport, etc.).

### 6.3 DOCUMENTATION DE RADIOPROTECTION

Les documents plus bas sont transmis aux responsables des dispositifs. Ils doivent être accessibles et être lus par tous les utilisateurs des dispositifs émettant des champs magnétiques:

**Règles de sécurité :** obligation de lecture (Annexe 3)

**Le présent guide :** obligation de lecture

**Code de sécurité 26 :** lecture recommandée par Santé Canada ([Code de sécurité 26](#))

Afin de s'assurer que les dispositifs ne posent aucun danger pour les personnes ou pour les équipements, des procédures de sécurité internes devraient être produites par les responsables.

### 6.4 CONTRÔLES PÉRIODIQUES DU SSP

Si des contrôles périodiques sont requis, le secteur de la radioprotection vérifie les points indiqués à l'Annexe 1 après avoir pris rendez-vous avec la personne responsable de l'appareil.

### 6.5 MISES EN GARDE

Des mises en garde<sup>23</sup> pour les personnes portant des dispositifs médicaux doivent être installées à tous les points d'accès aux locaux dont les champs peuvent excéder 0,5 mT (Figure 6).

Tous les points d'accès aux locaux ou enceintes comportant des risques de projectiles dangereux, d'écrasement ou d'endommagement d'appareils doivent contenir les mises en garde correspondantes (Figure 6).

---

<sup>23</sup> Produites et installées par le SSP si elles ne sont pas déjà mises en place par le fournisseur ou par les responsables.



Figure 6: De gauche à droite:

- Interdiction implant cardiaque ou dispositif médical métallique
- Risque de projectiles dangereux
- Risque d'écrasement
- Risque d'endommagement des appareils sensibles au champ magnétique

## 6.6 PRÉSENCE DE LA LIGNE "5 GAUSS" AU SOL

Un marquage (ex. une ligne au plancher) délimitant la zone à l'intérieur de laquelle le champ est supérieur à 0,5 mT (5 G) doit être présent. L'emplacement de la ligne de 0,5 mT varie en fonction de la fréquence de fonctionnement et du niveau de blindage de l'appareil. La ligne au plancher ne sera pas nécessaire si on mesure 0,5 mT à grande proximité de l'appareil et que des affiches de mises en garde sont en place.

Les aimants RMN produisent généralement des champs de 0,2 T à 20 T au centre du système. Ces champs diminuent rapidement d'intensité lorsque l'on s'éloigne du centre.

Une carte des niveaux de champ dans la zone entourant l'aimant devrait être élaborée et affichée pour utilisation par le personnel. Pour faire mesurer les niveaux champs, communiquer avec le secteur de la radioprotection à : [Radioprotection@ssp.ulaval.ca](mailto:Radioprotection@ssp.ulaval.ca)

## 7. TRANSPORT ET DISPOSITION

### 7.1 TRANSPORT D'AIMANTS PERMANENTS

Les champs magnétiques d'aimants mal emballés peuvent influencer les appareils de navigation aérienne et peuvent également provoquer des perturbations dans les machines de tri.

- Pour les envois, placer l'aimant au centre d'une grande boîte et l'entourer de suffisamment de matériau de rembourrage. En présence de plus d'un aimant, disposez les aimants dans l'emballage de manière à ce que les champs magnétiques **ne s'additionnent pas**.

Il faut utiliser des emballages permettant un blindage magnétique suffisant

### 7.2 DISPOSITION

Lorsque des sources magnétiques ne sont plus utilisées, s'informer auprès du fournisseur sur la disposition recommandée.

Aimants permanents :

Dans certains cas, les aimants doivent être rendus inactifs (démagnétisés) avant leur disposition. Communiquer avec le secteur de la radioprotection avant toute mise au rebut.



## 8. JOINDRE LE SECTEUR DE LA RADIOPROTECTION

**Secteur de la radioprotection – Service de sécurité et de prévention**  
[radioprotection@ssp.ulaval.ca](mailto:radioprotection@ssp.ulaval.ca)

**Annie Michaud**

Spécialiste des risques spécifiques – responsable de la radioprotection  
(418) 656-2131 poste 402893  
[annie.michaud@ssp.ulaval.ca](mailto:annie.michaud@ssp.ulaval.ca)

**Stéphanie Laforest**

Technicienne en travaux d’enseignement et de recherche  
(418) 656-2131 poste 408002  
[stephanie.laforest@ssp.ulaval.ca](mailto:stephanie.laforest@ssp.ulaval.ca)

**Personnel auxiliaire**

Auxiliaire administratif  
(418) 656-2131 poste 407781  
[radioprotection@ssp.ulaval.ca](mailto:radioprotection@ssp.ulaval.ca)

Contrôle champ magnétique

<b>Date du contrôle</b>
<b>Local</b>
<b>Chercheur responsable</b>
<b>Seconde personne responsable</b>
<b>Secteur radioprotection</b>

1. IDENTIFICATION DE LA SOURCE

Appareil :

Fabricant :

Modèle :

Type de dispositif :

Aimant permanent puissant  
RMN  
RPE, RSE

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

Électroaimants  
Procédé courant continu  
Autre

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

Type d'utilisation :

Fréquente  
Intermittente  
Pour utilisation future  
Non fonctionnel  
Autre

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

2. POINTS GÉNÉRAUX



Formation des utilisateurs	
Limites 0,5 mT et 3 mT respectées/identifiées	
Utilisation équipement non ferromagnétique	
Portes verrouillées	



### 3. MISES EN GARDE AUX POINTS D'ACCÈS ET DOCUMENTS DE RADIOPROTECTION PRÉSENTS

---

Interdiction implant médicaux	
Risque de projectiles dangereux	
Risque d'écrasement	
Risque d'endommagement des appareils sensibles au champ magnétique	
Guide, Règles de sécurité, CS26	
Autres/commentaires	

### 4. APPAREILS RMN

---



Moniteur O <sub>2</sub> avec alarme vérifié	
Appareil 1 - volume hélium requis	
Appareil 1 - volume azote requis	
Appareil 2 - volume hélium requis	
Appareil 2 - volume azote requis	
Ventilation d'urgence	
Détecteur d'eau au plancher	
Étage supérieur/inférieur	
Ligne 5G au plancher (0,5 mT)	

### 5. MESURES

---

Appareil de détection	5180 Gauss/Tesla Meter, F.W. Bell, modèle 5100 Series, s/n 0950031. Étaloné :
Bruit de fond	
Mesure maximale du champ	
Distance 0,5 mT (ligne 5 G)	
Distance 30 mT	
Mesure au poste de travail	

## ANNEXE 2 – DISTANCES AIMANTS AU NÉODYME ET EN FERRITE

### Distances de sécurité recommandées pour aimants néodyme

Objet	Champ magnétique nuisible à partir de :	S-45-30-N	S-20-10-N	S-15-08-N	S-10-03-N	S-06-02-N
		(force adh. 69 kg)	(force adh. 11 kg)	(force adh. 6,2 kg)	(force adh. 1,8 kg)	(force adh. 740 g)
Carte magnétique de haute qualité (carte de crédit, carte bancaire)	40 mT (= 400 G)	46 mm	19 mm	15 mm	9 mm	6 mm
Carte magnétique de moindre qualité (ticket parking, billet d'entrée foire)	3 mT (= 30 G)	134 mm	55 mm	42 mm	24 mm	15 mm
Pacemaker nouveau	1 mT (= 10 G)	201 mm	82 mm	62 mm	35 mm	22 mm
Pacemaker ancien	0,5 mT (= 5 G)	257 mm	104 mm	80 mm	43 mm	28 mm
Montre mécanique, antimagnétique selon ISO 764	6 mT (= 60 G)	103 mm	42 mm	32 mm	18 mm	12 mm
Montre mécanique, non antimagnétique	0,05 mT (= 0,5 G)	571 mm	230 mm	176 mm	98 mm	61 mm
Appareil auditif	20 mT (= 200 G)	63 mm	26 mm	20 mm	12 mm	7 mm
Disque dur	incertain					

## Distances de sécurité recommandées pour les aimants en ferrite

Objet	Champ magnétique nuisible à partir de :	Champs magnétiques			
		FE-S-100-15	FE-S-40-20	FE-S-20-10	FE-S-05-05
de haute qualité Carte magnétique (carte de crédit, carte bancaire)	40 mT (= 400 G)	21 mm	20 mm	18 mm	3 mm
de moindre qualité Carte magnétique (ticket parking, billet d'entrée foire)	3 mT (= 30 G)	119 mm	70 mm	35 mm	11 mm
Pacemaker nouveau	1 mT (= 10 G)	182 mm	106 mm	53 mm	16 mm
Pacemaker ancien	0,5 mT (= 5 G)	235 mm	137 mm	69 mm	21 mm
Montre mécanique, antimagnétique selon ISO 764	6 mT (= 60 G)	89 mm	53 mm	27 mm	8 mm
Montre mécanique, non antimagnétique	0,05 mT (= 0,5 G)	522 mm	308 mm	154 mm	48 mm
Appareil auditif	20 mT (= 200 G)	45 mm	30 mm	15 mm	5 mm
Disque dur	incertain				

Référence : <https://www.supermagnete.fr/faq/Quelle-est-la-distance-de-securite-a-respecter-par-rapport-a-mes-appareils#distances-de-scurit-recommandes-pour-aimants-nodyme>

## ANNEXE 3 – RÈGLES DE SÉCURITÉ



Service de sécurité et de prévention

### Règles de sécurité – Champs magnétiques statiques

DISPOSITIF : \_\_\_\_\_

RESPONSABLE : \_\_\_\_\_

1. Les personnes portant des implants médicaux<sup>1</sup> électroniques ou métalliques ne doivent pas pénétrer à l'intérieur d'une zone avec un champ excédant 0,5 mT (5 G).
2. Seuls les objets non ferromagnétiques (petits ou grands) sont permis à l'intérieur d'un champ pouvant excéder 3 mT.  
Note : des objets personnels peuvent être endommagés de façon irréversible s'ils sont exposés à des champs supérieurs à 1 mT (montres, caméras, cartes bancaires, etc.).
3. Les limites du tableau suivant doivent être respectées en tout temps.

Exposition	Limite
Ligne au sol recommandée pour les RMN	0,5 mT
Accès pour les porteurs d'implants médicaux électroniques, électriques ou mécaniques ou d'implants comportant des matériaux ferromagnétiques	0,5 mT
Utilisation d'objets ferromagnétiques	3 mT
Accès pour les membres du public	400 mT
Accès aux locaux pour les travailleurs autorisés	2000 mT

<sup>1</sup> **Implants électroniques** : implants cardiaques, pompes à hormones, dispositifs de stimulation neuromusculaire, prothèse électronique (prothèse au niveau de l'oreille), etc. **Implants métalliques** : clips chirurgicaux, prothèses, etc.

### Précisions pour les appareils RMN

1. Seules les personnes ayant reçu une formation spécifique par les responsables des laboratoires RMN sont autorisées à entrer dans les salles RMN.
2. Si un *quench* se produit ou si l'alarme de détection d'oxygène est activée :
  - a. Évacuer la salle immédiatement
  - b. Si possible, empêcher d'autres personnes d'entrer dans le local
  - c. Composer le 911
  - d. Aviser le SSP (poste 555 ou téléphones rouges)
3. Risques électriques : les câbles, fils, connections doivent être correctement isolés et leur intégrité doit être vérifiée sur une base régulière par le responsable des RMN.

### Précisions pour les aimants permanents

1. Porter des gants de protection anti écrasement lors de la manipulation d'aimants de masse importante.
2. Lors de la manipulation et l'usinage mécanique des aimants au néodyme (cassants, sensibles à la chaleur, qui s'oxydent facilement) :
  - a. Avec les gants de protection, porter également des lunettes de sécurité.
  - b. La poussière de fraisage peut s'enflammer facilement. L'aimant peut se casser et la chaleur émergente peut démagnétiser l'aimant. Éviter d'usiner des aimants si vous ne disposez pas des équipements et l'expérience nécessaires.

Le secteur de la radioprotection ([Radioprotection@ssp.ulaval.ca](mailto:Radioprotection@ssp.ulaval.ca)) doit être contacté lors de la fabrication ou l'acquisition d'un dispositif produisant des champs magnétiques statiques afin qu'une évaluation des risques soit effectuée.