

Dispositifs médicaux en atmosphère explosive

AUTEURS :

A. Mardirossian, F. Marc, B. Sallé, Institut national de recherche et de sécurité (INRS), M. Philippe, O. Cottin, Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS)

EN RÉSUMÉ

Au sein d'une atmosphère explosive (Atex), il est impératif de n'utiliser que des appareils dits « certifiés Atex ». Certains appareils peuvent ne pas entrer dans le champ d'application de la certification ou ne pas exister comme produits certifiés. Les dispositifs médicaux utilisés sur le lieu de travail sont dans ce dernier cas. Afin d'améliorer la connaissance sur les risques et prévenir la désinsertion professionnelle pour les salariés amenés à les porter et potentiellement inaptes à effectuer une tâche en zone Atex, une étude sur des appareils auditifs et une pompe à insuline a été menée. Même si aucun risque significatif n'a été décelé sur les appareils testés, la puissance d'alimentation, la présence de bornes exposées et certaines fonctions dites « à haute énergie » nécessitent une analyse plus approfondie.

MOTS CLÉS

Dispositif médical implantable / Évaluation des risques

Les dispositions du Code du travail imposent à l'employeur une évaluation du risque d'explosion. Pour ce faire, il doit identifier les lieux où des atmosphères explosives (Atex), composées de gaz, vapeurs, brouillard ou poussières en suspension dans l'air, sont susceptibles de se présenter. Il s'agit du zonage Atex (encadré ci-dessous).

En complément, tout appareil électrique ou non électrique, installé ou utilisé dans une zone Atex, doit respecter les éléments techniques et les schémas de certification conformément aux dispositions des articles R. 557-1-1 à R. 557-5-5 et R. 557-7-1 à R. 557-7-9 du Code de l'environnement concernant les appareils et les systèmes de protection destinés à être utili-

> ZONAGE ATEX [1]

Afin de réaliser le zonage, l'employeur s'appuie sur les 6 zones définies réglementairement. Les couches, dépôts et tas de poussières combustibles doivent également être traités comme des sources susceptibles de former une atmosphère explosive.

Définitions des zones Atex en fonction des situations	Zone gaz/vapeurs	Zone poussières
L'atmosphère explosive est présente en permanence ou pendant de longues périodes en fonctionnement normal	0	20
L'atmosphère explosive est présente occasionnellement en fonctionnement normal	1	21
L'atmosphère explosive est présente accidentellement, en cas de dysfonctionnement ou de courte durée	2	22

Dispositifs médicaux en atmosphère explosive

sés en atmosphères explosives. Ces articles sont issus de la transposition de la directive 2014/34/UE, dite « Directive appareils Atex ». L'objectif de ce texte est de pouvoir disposer d'appareils ne présentant pas de source d'inflammation pour l'atmosphère explosible qui le contient, mais aussi de disposer de systèmes de protection contre les effets d'une explosion (flammes et surpression) comme par exemple des événements, des clapets d'isolement, des arrête-flammes, des systèmes d'extinction. Ainsi, la réglementation définit des schémas de certification nécessaires pour les appareils électriques ou non-électriques installés ou utilisés dans une zone Atex. Pour les appareils électriques (dont les appareils électroniques) utilisés en zone 0, 20, 1 ou 21 (présence en permanence ou occasionnelle d'atmosphère explosive), ils doivent être certifiés par un organisme notifié. En revanche, pour une installation ou une utilisation dans une zone 2 ou zone 22 (Atex en cas de dysfonctionnement ou de très courte durée), la conformité du produit par rapport à la directive est directement attestée par le fabricant de l'appareil. Le terme « d'auto-certification » est couramment employé car le matériel n'est pas évalué par un organisme notifié tierce partie.

L'ensemble de la démarche (évaluation du risque dont le zonage, adéquation des appareils à la zone Atex, protection des installations, plan d'action...) doit être formalisé dans le document relatif à la protection contre les explosions (DR-PCE), annexé au document unique d'évaluation des risques professionnels [1].

Les appareils personnels portatifs (montres ou lunettes connectées, appareils médicaux...) évoluent rapidement et intègrent sans cesse de nouvelles fonctionnalités et de nouvelles technologies. Ils sont de

plus en plus présents sur les lieux de travail et certains d'entre eux ne peuvent quitter le salarié qui les porte.

Pour diverses raisons, ces équipements portables et alimentés par pile ou batterie – appelés appareils électroniques – peuvent ne pas exister en version certifiée pour une utilisation en zone Atex.

Au niveau international, un projet de norme relative à l'utilisation d'appareils électroniques portables en zone Atex a été approuvé en 2022 et publié en tant que « spécification technique » en 2023, IEC TS 60079-48 [2]. Cette spécification technique, non reconnue au niveau européen à la date de publication, est basée sur la norme américaine UL121203 [3], déjà en vigueur outre-Atlantique. Ce document est principalement destiné à être utilisé par l'exploitant de zones dangereuses, qui doit lui-même faire l'évaluation des appareils et endosser la responsabilité de leur utilisation en zones dangereuses 1 ou 21 ; 2 ou 22. La spécification technique intègre un chapitre succinct sur la gestion administrative de ces contrôles/évaluations. L'ensemble des items évalués ont tous pour objectif d'évaluer la possible présence d'une source d'inflammation (notamment surfaces chaudes et étincelles), quelle que soit son origine (mécanique, électrique, électrostatique, électromagnétique...).

L'idée de développer un document d'orientation pour l'utilisation d'équipements électroniques portables dans les zones Atex, correspondant à la spécification technique, validée au niveau international, évoquée ci-dessus, va à l'encontre du principe de base de la directive européenne 2014/34/UE qui impose la certification ou l'auto-certification des appareils électriques par le fabricant. Cependant, afin d'améliorer la connais-

sance des risques et dans un objectif de prévention de la désinsertion professionnelle, l'INRS a souhaité mener une étude spécifique sur le cas des dispositifs médicaux couramment rencontrés sur le lieu de travail. En effet, à défaut d'information ou d'équipement certifié Atex, l'employeur est souvent amené à interdire ce type d'équipement en zone dangereuse. Le salarié portant un dispositif médical ne peut donc pas accéder à certaines zones.

L'INRS a sollicité l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) pour évaluer des dispositifs médicaux conformément au projet de norme internationale. Cette étude s'inscrit dans un cadre plus large ayant permis d'analyser des dispositifs supplémentaires [4].

MATÉRIEL ET MÉTHODE

MATÉRIEL

Le marché des appareils auditifs propose un large choix de produits. Il est possible de trouver des sonotones (c'est-à-dire des appareils auditifs permettant d'amplifier les sons) qui sont délivrés sans ordonnance dans des grandes enseignes tout public ou sur internet. Deux paires de sonotone d'entrée de gamme (figure 1a) ont été sélectionnées. Les appareils plus spécifiques, nécessitant une ordonnance médicale, sont délivrés par un audioprothésiste après une série d'examen. Quatre appareils de ce type (figures 1b et 1c) ont été sélectionnés dont un appareil intra-auriculaire (figure 1c). Les appareils testés couvrent l'ensemble de la gamme disponible sur le marché. En revanche, une seule pompe à insuline et son capteur ont fait l'objet de l'étude (figure 2).

Figure 1: Exemples d'appareils auditifs

Photo 1a: Appareil d'entrée de gamme (sans ordonnance)



Photo 1b: Appareil sur ordonnance



Photo 1c: Appareil intra-auriculaire (sur ordonnance)

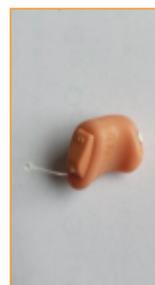


Figure 2 : Exemple de capteur et pompe à insuline



Capteur



Pompe à insuline

MÉTHODE

La méthode a donc consisté à suivre les items d'évaluation de la « spécification technique » [2].

Cette spécification technique définit deux types de produit personnel électrique (*Personal Electrical Product* – PEP):

- **PEP 1** : appareil électrique personnel porté sur le corps, destiné à être utilisé en contact direct avec la peau, qui est incapable de provoquer une inflammation dans des conditions normales;

- **PEP 2** : appareil électrique personnel portable qui est réputé incapable de provoquer une inflammation dans des conditions normales. Dans le cas des appareils médicaux, les aides auditives sont considérées comme des PEP 1 car elles sont au contact de la peau.

La pompe à insuline testée pourrait être considérée comme un produit PEP 1 car elle est collée directement sur la peau du sujet. Mais il existe d'autres systèmes d'injection qui ne sont pas directement au contact de la peau. Il a donc été décidé de l'évaluer comme un produit de catégorie PEP 2.

Bien que le projet de norme permette une évaluation pour des appareils utilisés en zone 1 ou 21 et zone 2 ou 22, le périmètre de l'étude s'est restreint aux parties pour les zones 2 ou 22. Ces zones représentent en effet les cas les plus fréquents et donc impactent le plus grand nombre de salariés. Par ailleurs, les zones 0 et 20 ne sont pas traitées dans cette étude, puisque les personnes ne doivent pas être présentes dans ces zones où le

risque d'explosion est permanent.

En plus de l'analyse documentaire et des essais préconisés dans la spécification technique, un essai d'inflammation d'une ATEX, avec chaque appareil, a été réalisé pour valider qu'ils ne présentent pas de source d'inflammation en fonctionnement normal.

Un mélange gazeux explosif a été réalisé selon les proportions définies dans la norme NF EN 60079-11 [5] pour le groupe de gaz IIC (groupe de gaz le plus sensible à l'inflammation comme l'hydrogène). Le mélange est composé de 30 % de dihydrogène (H₂) et 17 % de dioxygène (O₂) en mélange dans l'air.

Avant chaque série d'essais, un essai préliminaire est réalisé pour vérifier que le mélange gazeux est bien explosif. La cloche d'essai est balayée par le mélange gazeux pendant 1 minute 30 secondes, puis le mélange est enflammé. À la fin de chaque série d'essais, si l'inflammation n'a pas eu lieu, le mélange gazeux est enflammé pour contrôler son explosivité. Lors des essais, la cloche est en balayage permanent, ceci afin de maintenir et garantir le mélange explosif. L'inflammation « test » est générée par un dispositif piézoélectrique.

Pour chaque type d'appareil, les conditions les plus susceptibles de générer une source d'inflammation en fonctionnement normal ont été testées.

Pour les appareils auditifs, le cycle d'essai se décompose de la manière suivante :

- validation de l'explosivité du mélange;
- appareil installé dans la chambre d'essai avec des piles neuves et le volume d'amplification au maximum avec le silence dans la pièce (1 min 30 s);
- appareil installé dans la chambre d'essai avec des piles neuves, volume d'amplification au maxi-

Dispositifs médicaux en atmosphère explosive

mum et émission de musique grâce à une enceinte Bluetooth (1 min 30 s);

- validation de l'explosivité du mélange en cas de non inflammation.

Pour la pompe à insuline, le cycle d'essai se décompose de la manière suivante:

- validation de l'explosivité du mélange;

- appareil installé dans la chambre d'essai. Diffusion de l'insuline en continu à 1 unité par heure (durée 20 min);

- appareil installé dans la chambre d'essai. Diffusion de l'insuline en continu à 30 unités par heure (durée 40 min);

- appareil installé dans la chambre d'essai. Diffusion de l'insuline en continu à 30 unités par heure. Après quelques minutes, le buzzer s'est déclenché pour indiquer un seuil bas de produit;

- validation de l'explosivité du mélange en cas de non inflammation.

1. Les sources de rayonnement optique de type laser sont classées en différents niveaux en fonction de leur dangerosité croissante. Le premier niveau « classe 1 » : appareils sans danger pendant leur utilisation, même en cas de vision directe dans le faisceau sur une longue période, même lorsqu'une exposition se produit lors de l'utilisation de dispositifs télescopiques.

2. Les gaz et les vapeurs sont classés en fonction de leurs sensibilités à l'inflammation en trois classes de dangerosité croissante : IIA, IIB, IIC [1].

RÉSULTATS

EXIGENCES GÉNÉRALES

LIMITATION DE LA TRANSMISSION D'ÉNERGIE PAR RADIOFRÉQUENCE

La radiofréquence concerne les ondes de fréquences comprises entre 9 kHz et 60 GHz. Selon le projet de norme, les ondes émises par les radios et les téléphones ne sont pas considérées comme une source d'inflammation à cause de leur faible énergie.

Dans cette étude, la pompe à insuline et le capteur communiquent avec un téléphone sur une fréquence de 2,4 GHz, le risque d'inflammation n'est donc pas présent selon la norme. La situation est similaire pour certains des appareils auditifs testés qui peuvent

être contrôlés via une application téléphonique.

➔ Pas de risque avéré

ABSENCE DE VENTILATION FORCÉE

Aucun des appareils étudiés ne contient une ventilation forcée.

➔ Pas de risque avéré

ABSENCE D'ÉTINCELLE EN FONCTIONNEMENT NORMAL

Aucun des appareils étudiés n'a d'élément (relais, dispositifs de coupures, moteurs électriques...) qui émet des étincelles en fonctionnement normal.

➔ Pas de risque avéré

TEMPÉRATURE DE LA SURFACE EXTERNE NE DÉPASSANT PAS 60 °C EN FONCTIONNEMENT NORMAL

Les appareils étant au contact de la peau, leur échauffement est limité en fonctionnement normal pour ne pas dépasser 37 °C.

➔ Pas de risque avéré

ABSENCE DE MOTEUR, SAUF S'IL PEUT ÊTRE DÉMONTRÉ QUE LE MOTEUR INTÈGRE UNE TECHNOLOGIE SANS ÉTINCELLE

Aucun des appareils étudiés ne contient un moteur. Il existe une vis sans fin, entraînée par des engrenages et ressorts, installée dans la pompe à insuline pour l'alimentation en insuline.

➔ Pas de risque avéré

ABSENCE D'ÉNERGIE ULTRASONORE DÉPASSANT 0,1 W.cm² ET 10 MHz

Aucun des appareils étudiés n'émet d'énergie ultrasonore.

➔ Pas de risque avéré

ABSENCE DE RAYONNEMENT OPTIQUE AUTRE QU'UNE SOURCE LASER DE CLASSE 1¹

Aucun des appareils étudiés n'émet

de rayonnement optique.

➔ Pas de risque avéré

PRÉSENCE DE COMPOSANT PIÉZOÉLECTRIQUE DANS LE MATÉRIEL ÉLECTRIQUE SUSCEPTIBLE D'ÊTRE SOUMIS À DES CHOCS (NON PROTÉGÉ)

Aucun composant piézoélectrique n'a été détecté dans les appareils étudiés, mais il n'est pas impossible que des produits similaires puissent en comporter.

➔ Pas de risque avéré

AUCUNE FONCTION IDENTIFIABLE NÉCESSITANT UNE LIBÉRATION RAPIDE D'ÉNERGIE (PAR EXEMPLE, FLASH À HAUTE ÉNERGIE POUR CAMÉRA OU SUPERCONDENSATEUR)

Le buzzer dans la pompe à insuline pourrait être considéré comme une fonction à libération rapide d'énergie. Il en est de même pour l'injection de l'aiguille lors de l'installation de la pompe. Cependant, cette installation est généralement réalisée à domicile ou dans une zone sûre.

➔ Pas de risque avéré pour les appareils auditifs

➔ Pour la pompe à insuline, une étude plus détaillée doit être réalisée pour comprendre le fonctionnement de la fonction buzzer.

GESTION DES RISQUES ÉLECTROSTATIQUES

Une des méthodes utilisées pour limiter le risque électrostatique est de limiter les surfaces des appareils. Pour le groupe de gaz IIC² (produits les plus sensibles à l'inflammation), la surface doit être limitée à 2 000 mm² soit environ un carré de 4,4 cm de côté.

Les appareils étudiés ont une surface inférieure à 2 000 mm².

➔ Pas de risque avéré

EXIGENCES ADDITIONNELLES PEP 1 – APPAREILS AUDITIFS – ZONE 2/22

LIMITATION DE LA SOURCE D'ALIMENTATION

L'appareil doit être alimenté par une source d'énergie de tension inférieure à 4,5 V en courant continu (V_{DC}) et de capacité inférieure à 350 mAh.

Pour les appareils auditifs analysés alimentés par des petites piles ou des batteries rechargeables amovibles, ces caractéristiques sont respectées. En général, la tension est de 1,45 V_{DC} et la capacité est au maximum de 200 mAh. Pour les appareils directement rechargeables, les caractéristiques de la batterie interne ne sont pas connues. Seul un examen destructif de ces éléments permettrait d'évaluer les caractéristiques de la source d'alimentation, ce qui n'a pas été fait.

- ➔ Pas de risque avéré pour les appareils avec des piles ou des batteries rechargeables amovibles
- ➔ Un examen plus approfondi doit être réalisé pour les appareils rechargeables qui possèdent une batterie interne

PRÉSENCE DE BORNES D'ALIMENTATION EXPOSÉES

Pour une utilisation dans une atmosphère explosive gaz (zone 2), les appareils peuvent avoir des bornes exposées (par exemple, les bornes de charge de la batterie) mais elles doivent être encastrées ou être protégées par une diode de suppression de tension transitoire pour éviter un court-circuit accidentel. Pour une utilisation dans une atmosphère explosive poussières (zone 22), les appareils ne doivent pas présenter de borne exposée.

- ➔ Pas de risque avéré pour les appareils munis d'une pile ou d'une batterie amovible rechargeable

car ils ne présentent pas de borne exposée. Il en est de même pour les appareils «haut de gamme» rechargeables par induction (car ils ne présentent aucune borne de connexion)

- ➔ Les appareils «d'entrée de gamme» rechargeables par induction présentent des bornes exposées, très légèrement encastrées, c'est un risque potentiel pour une utilisation en atmosphère explosive poussières (zone 22)

Note : les bornes permettant la connexion du dispositif qui s'insère dans le canal auditif ne sont pas prises en compte car, en fonctionnement normal, la connexion est toujours en place.

EXIGENCES ADDITIONNELLES PEP 2 – POMPE À INSULINE – ZONE 2/22

ESSAI DE CHUTE

Un essai de chute doit être réalisé pour vérifier que la pile ou la batterie n'est pas éjectée ou délogée, qu'il n'y a aucun dommage exposant les circuits électriques ou électroniques et que l'équipement reste pleinement fonctionnel.

Conformément au projet de norme, l'appareil a chuté six fois d'une hauteur de 2 mètres sur un sol en béton. À partir de la troisième fois, un avertisseur sonore s'est déclenché au niveau de la pompe. L'appareil a ensuite été ouvert pour vérifier son intégrité interne : aucune détérioration n'a été constatée et tous les composants étaient bien en place.

- ➔ Pas de risque avéré

ABSENCE DE CONNEXION ÉLECTRIQUE EXTERNE OU ACCESSOIRE CÂBLÉ

L'appareil étudié ne contient pas de connexion électrique externe ou d'accessoire câblé.

- ➔ Pas de risque avéré

PRÉSENCE DE BORNES D'ALIMENTATION EXPOSÉES

Même éléments d'analyse que le paragraphe 2 des «exigences additionnelles PEP 1».

L'appareil étudié ne présente pas de borne exposée.

- ➔ Pas de risque avéré

PRÉSENCE D'UN INTERRUPTEUR MARCHE-ARRÊT

L'appareil étudié ne présente pas d'interrupteur marche-arrêt avec des contacts qui interrompent directement le courant de la batterie.

- ➔ Pas de risque avéré

RÉSISTANCE AUX DOMMAGES SUSCEPTIBLES D'ENTRAÎNER UNE SOURCE D'INFLAMMATION

Pour les composants électroniques intégrés dans les tissus, il convient de déterminer s'ils sont résistants aux dommages susceptibles d'entraîner une source d'inflammation sur la base de mesures de durabilité.

La pompe à insuline présente une base textile autocollante mais aucun élément électronique n'est intégré dans le tissu.

- ➔ Pas de risque avéré

ESSAIS D'INFLAMMATION

APPAREILS AUDITIFS

- ➔ Aucun appareil n'a généré d'inflammation avec ou sans musique.

POMPE À INSULINE

- ➔ Quelle que soit la situation, aucune inflammation n'a été observée en présence de l'appareil.

Note : Le capteur n'a pas fait l'objet des essais d'inflammation en raison de l'absence d'un lecteur de glycémie, seul moyen de communiquer avec lui.

Dispositifs médicaux en atmosphère explosive

DISCUSSION ET CONCLUSION

La spécification technique IEC TS 60079-48 : 2023 (non reconnue au niveau européen à la date de publication) permet de guider l'employeur pour faire une analyse des principaux risques associés à l'utilisation des dispositifs médicaux en zone Atex.

Les risques majeurs sont bien repris dans ce document avec des valeurs seuils similaires aux exigences pour les appareils certifiés Atex. Toutefois, certains éléments ne sont pas pris en considération, notamment le vieillissement de l'appareil et sa résistance aux UV, qui sont des éléments pouvant avoir une incidence à long terme sur la sécurité du produit. De plus, la compétence de la personne amenée à réaliser l'évaluation est un point essentiel de la démarche et aucune information n'est donnée à ce sujet.

La diversité des dispositifs médicaux et les spécifications techniques de fonctionnement des différents modèles nécessitent une analyse fine de chaque appareil. L'utilisation d'appareils certifiés (ou auto-certifiés) Atex reste le seul gage de garantie quant à l'absence de sources potentielles d'inflammation.

L'évaluation des appareils médicaux (appareils auditifs et pompe à insuline), en accord avec la spécification technique pour une utilisation en zones Atex 2 ou 22, montre quelques points sensibles pour certains appareils :

- la puissance de l'alimentation, notamment dans le cas d'une batterie interne rechargeable, doit être correctement évaluée. Les informations sont difficilement accessibles sans détruire l'appareil. La sollicitation du fabricant est impérative;
- la présence de bornes exposées pour le rechargement de la batterie de certains modèles peut entraîner des courts-circuits accidentels lors de leur utilisation et donc être une

source potentielle d'inflammation. La présence de bornes exposées interdit l'utilisation de l'appareil dans une atmosphère explosive poussières (zone 22);

- la présence de fonctions à haute énergie type buzzer doit également faire l'objet d'une attention particulière car elles ne sont pas forcément connues ou utilisées par le propriétaire de l'appareil. Il peut, en effet, s'agir d'une alarme ou d'une sécurité qui ne se déclenche que lors de certains événements ou de l'utilisation de fonctions annexes.

En complément, il est recommandé pour les appareils pouvant répondre à l'ensemble des critères d'évaluation de :

- ne pas changer les piles ou recharger les batteries en zone Atex;
- ne pas modifier les réglages en zones Atex;
- s'assurer que les appareils disposent de suffisamment d'énergie et de produit (comme dans le cas de l'insuline) pour éviter les déclenchements d'alarme en zone Atex.

POINTS À RETENIR

- En atmosphère explosive (Atex), seuls des appareils dits « certifiés Atex » peuvent être utilisés. Les dispositifs médicaux ne sont pas ou très peu certifiés ATEX (uniquement 5 modèles d'aides auditives).
- Une étude sur des appareils auditifs et une pompe à insuline a été menée selon un projet de norme internationale.
- Cette étude avait pour but d'améliorer les connaissances et de contribuer au maintien en emploi des personnes porteuses de tels dispositifs.
- Les résultats sont globalement rassurants mais le vieillissement des équipements n'a pas été pris en compte.
- Les appareils auditifs « d'entrée de gamme » rechargeables par induction présentent des bornes exposées qui interdisent l'utilisation dans une atmosphère explosive poussières.
- Des études complémentaires sont nécessaires sur la fonction « buzzer » des pompes à insuline et les appareils rechargeables qui possèdent une batterie interne.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 | **MARDIROSSIAN A, MARC F, SALLÉ B, GUILLEUX A ET AL.** - Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (Atex). Guide méthodologique. 4^e édition. Démarche de prévention. Édition INRS ED 945. Paris : INRS ; 2020 : 60 p.
- 2 | Explosive atmospheres. Part 48. Portable or Personal Electronic Equipment. Guide for the use of equipment without a certificate for use in Hazardous Areas. IEC TS 60079-48:2023. TC 31/SC 31J. Classification of hazardous areas and installation requirements. Genève : International Electrotechnical Commission (IEC);2023 : 15 p.
- 3 | Recommended Practice for Portable/Personal Electronic Products Suitable For Use In Class I, Division 2, Class I, Zone 2, Class II, Division 2, Class III, Division 1, Class III, Division 2, Zone 21 and Zone 22 Hazardous (Classified) Locations. UL 121203. Ed 2-2021. Underwriters Laboratories, 2021 (<https://webstore.ansi.org/standards/ul/ul121203ed2021>).
- 4 | Appareils médicaux en zone 2. Étude basée sur le projet de norme IEC TS 60079-48 : 2023. INERIS, 2023 (<https://www.ineris.fr/fr/appareils-medicaux-zone-2-etude-basee-projet-norme-iec-ts-60079-48-2023>).
- 5 | Atmosphères explosives. Partie 11 : protection de l'équipement par sécurité intrinsèque "i". Gestion des risques et SST, Sécurité, QSE. Norme française homologuée NF EN 60079-11. Mars 2012. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2012 : 185 p.