



Les équipements de chauffage industriel par micro-ondes

Le chauffage des aliments par micro-ondes est aujourd'hui une technologie couramment utilisée par le particulier. On retrouve également ce mode de chauffage dans l'industrie à travers de multiples applications. Dans ce cadre, les salariés travaillant à proximité peuvent être exposés à des champs électromagnétiques. Il convient alors d'estimer le niveau d'exposition de ces travailleurs.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Lorsqu'une molécule polaire¹ comme la molécule d'eau est soumise à un champ électrique, elle s'oriente selon celui-ci. Si ce champ est alternatif, les molécules s'orientent alors sans arrêt dans un sens puis dans l'autre, ce qui provoque l'échauffement de la matière par

friction. Ce mécanisme est connu sous le nom de chauffage par pertes diélectriques.

La fréquence du champ électrique émis doit être suffisamment élevée pour induire ce phénomène. La fréquence ISM (industrielle, scientifique, médicale) utilisée pour les applications communément appelées « micro-ondes » est de 2,45 GHz. Il existe aussi des procédés industriels fonctionnant à la fréquence

1. Une molécule polaire est une molécule qui présente une dissymétrie entre ses charges positives et ses charges négatives. La molécule forme ainsi un dipôle présentant un pôle négatif et un pôle positif.

de 915 MHz, utilisés par exemple pour le tempérage² de la viande congelée. Dans les appareils de chauffage par micro-ondes, le champ électrique généré est généralement conduit par un guide d'ondes vers une cavité (voir figure 1) qui est, le plus souvent, soit une enceinte fermée en matériaux conducteurs, soit un tunnel (voir figure 2). Les fuites du champ électrique vers l'extérieur sont limitées par la conception des appareils (joints conducteurs sur les ouvertures, grillage métallique sur les vitres, blindage...).

Il existe d'autres applications industrielles du chauffage par pertes diélectriques pour lesquelles le champ électrique variable n'est pas confiné au sein d'une enceinte mais directement appliqué entre deux électrodes. Dans ce cas, les fréquences utilisées sont inférieures aux fréquences du domaine micro-ondes.

2. Montée rapide en température de viandes surgelées.

APPLICATIONS

L'utilisation du chauffage par micro-ondes trouve son intérêt lorsqu'il s'agit de :

- chauffer un matériau non métallique ;
- diminuer le temps de chauffage interne de matériaux épais, contenant des molécules d'eau et de faible conductivité thermique, par rapport à un procédé de chauffage par conduction thermique.

Outre son utilisation domestique, le chauffage par micro-ondes est particulièrement utilisé par les industries agroalimentaires lorsqu'il s'agit de décongeler, cuire ou réaliser le traitement thermique de denrées comestibles (viandes, poissons, plats cuisinés, boulangerie-pâtisserie).

Les activités industrielles non alimentaires employant cette technique sont multiples. On peut citer :

- la vulcanisation de pièces en caoutchouc ;
- le séchage dans le secteur de la construction ;
- le chauffage et séchage dans l'industrie du bois.

Les micro-ondes sont également utilisées dans des procédés de déshydratation, traitement de surface, formage, polymérisation, stérilisation.

RISQUES POUR L'HOMME

Exposition aux champs électromagnétiques

Le corps humain, composé majoritairement d'eau, peut subir un échauffement lorsqu'il est exposé à un champ électrique de fréquence supérieure à une centaine de kHz. À la fréquence utilisée pour le chauffage par micro-ondes (2,45 GHz) et compte tenu des puissances de plusieurs kW mises en jeu dans l'industrie, une exposition accidentelle peut engendrer des effets graves, tels qu'échauffements et brûlures. Cette surexposition peut survenir en cas de défauts d'étanchéité de l'enceinte, ou encore de défaillances des dispositifs de sécurité (ouverture des portes par exemple). De même, le personnel de maintenance peut être exposé lors des interventions.

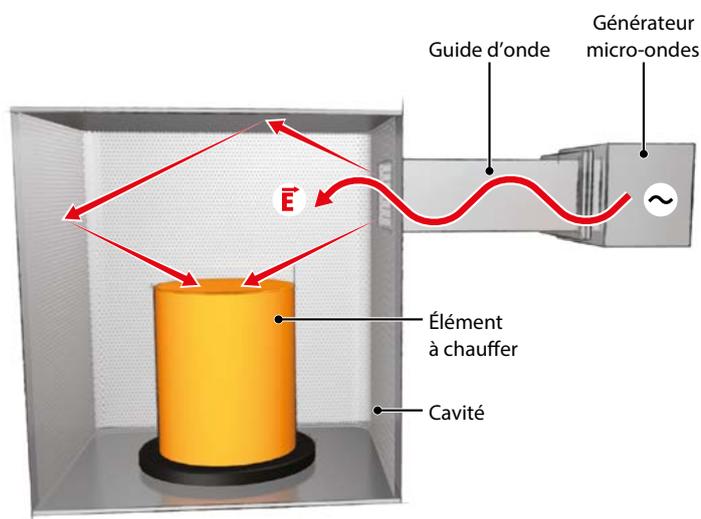
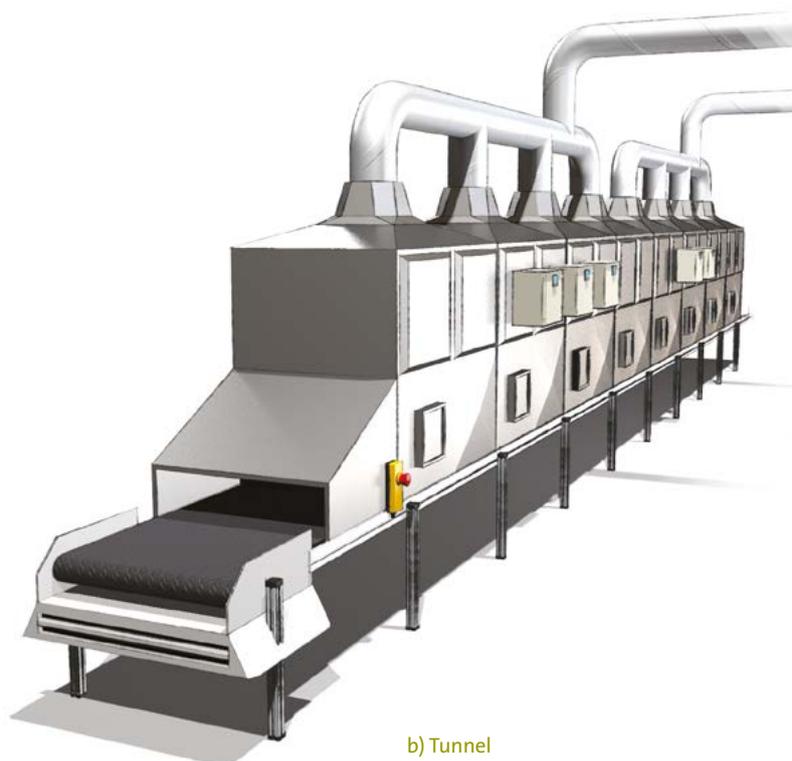


Figure 1. Principe de fonctionnement du chauffage par micro-ondes



a) Enceinte fermée



b) Tunnel

Figure 2. Différentes configurations de chauffage par micro-ondes

Quel que soit le blindage, un champ résiduel est toujours présent à proximité des installations micro-ondes en fonctionnement. L'amplitude de ce champ varie en fonction des conditions de charge et de l'état d'avancement dans le cycle de chauffage, et diminue rapidement avec l'éloignement à la source. Lorsqu'un four micro-ondes est maintenu en bon état, le champ résiduel est toujours très inférieur aux limites d'exposition réglementaires.

Compatibilité électromagnétique avec les dispositifs médicaux implantés actifs

Il existe un risque de dysfonctionnement des dispositifs médicaux implantés actifs tels que les stimulateurs cardiaques, les défibrillateurs, les prothèses auditives, les pompes à insuline, en raison des interférences possibles avec le champ électromagnétique. Ce risque existe même si l'intensité de ce champ est inférieure aux valeurs réglementaires applicables aux travailleurs sans risques particuliers (voir la fiche INRS ED 4267, *Dispositifs médicaux implantables*).

Il existe aussi un risque d'échauffement des parties métalliques conductrices des dispositifs médicaux et, par conséquent, des tissus au contact.

Cas des travailleuses enceintes

Le niveau d'exposition des travailleuses enceintes doit être maintenu à un niveau aussi faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre en tenant compte des recommandations de bonnes pratiques existantes, et en tout état de cause, à un niveau inférieur aux limites réglementaires fixées pour le public (voir la fiche INRS ED 4216 *Grossesse et exposition professionnelle aux champs électromagnétiques*). Par ailleurs, la travailleuse enceinte demandera conseil au médecin du travail par rapport à son poste de travail.

Cas des jeunes travailleurs

Il est interdit d'affecter un jeune travailleur de moins de 18 ans à des travaux susceptibles de

l'exposer au-delà des valeurs limites d'exposition (VLE) relatives aux effets sur la santé mais également aux VLE relatives aux effets sensoriels (ces notions sont détaillées plus bas).

Autres risques

Notons en particulier le risque électrique important en cas d'interventions nécessitant le retrait des protections, car la tension d'alimentation d'un générateur de micro-ondes est de plusieurs milliers de volts.

Les produits chauffés peuvent également émettre des gaz ou des agents chimiques toxiques et être sources de brûlures.

VALEURS DÉCLENCHANT L'ACTION

Le Code du travail (articles R. 4453-3 et R. 4453-4) fixe des valeurs limites d'exposition (VLE) ainsi que des valeurs déclenchant l'action (VA, voir *tableau 1*) afin de limiter les risques liés à l'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques. Pour avoir une vue d'ensemble sur ces VLE et VA, on peut consulter la fiche INRS ED 4204 intitulée *La réglementation en milieu professionnel*.

Les équipements micro-ondes génèrent des champs électromagnétiques dont la composante du champ électrique prédomine. C'est pourquoi les VA concernant l'exposition aux rayonnements micro-ondes sont données par la valeur efficace de l'intensité du champ électrique E_{eff} mesurée sur un intervalle de 6 minutes (voir *tableau ci-dessous*).

Tableau 1. Valeurs déclenchant l'action (VA) définies pour le champ électrique par le Code du travail

Gamme de fréquence (f)	VA Intensité de champ électrique E_{eff} (V/m)
400-2 000 MHz	$0,003 \sqrt{f}$
2-6 GHz	140

f est la fréquence exprimée en Hz.

MESURAGES ET MOYENS DE PRÉVENTION

Le Code du travail prévoit une évaluation des risques sur la base de données documentaires. Lorsque ces dernières ne permettent pas de conclure à l'absence de risque de dépassement des VA, alors l'exposition au poste de travail peut être évaluée par des mesurages dont les résultats sont comparés aux VA.

La seule mesure de l'intensité du champ électrique permet de caractériser l'exposition d'un opérateur ou les fuites de la machine. L'intensité de ce champ dépend du procédé (enceinte fermée ou tunnel) et de la distance par rapport à la source.

Pour les équipements de type four avec une enceinte fermée, les mesures de champ en situation réelle donnent des valeurs au poste de travail très souvent faibles par rapport aux VA. Pour ces installations, il convient de vérifier régulièrement le bon état des dispositifs de protection et d'assurer une maintenance régulière, les joints de portes des enceintes étant des pièces d'usure relativement fragiles. Une recherche de fuites peut être réalisée par des mesurages à proximité de l'enceinte et de préférence en fin de cycle de chauffage. C'est par exemple le cas pour des fours de cuisson intégrés dans une ligne de convoyage pour lesquels des fuites de champ peuvent être observées aux entrées/sorties du four.

POUR EN SAVOIR PLUS

- Fiches de la collection « Champs électromagnétiques », INRS.
- Code du travail, articles R. 4453-1 à R. 4453-34. Consultables sur www.legifrance.gouv.fr.
- *Guides non contraignants de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la directive 2013/35/UE « Champs électromagnétiques »*. Disponibles sur www.ec.europa.eu/social.
 - Volume 1 : *Guide pratique*.
 - Volume 2 : *Études de cas*.
 - Volume 3 : *Guide à l'intention des PME*.
- Décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques.
- Outil Oseray (outil simplifié d'évaluation des risques dus aux rayonnements électromagnétiques). Disponible sur www.inrs.fr.

Document INRS élaboré par un groupe de travail RNI Carsat-Cramif/ INRS composé de :

C. Bissériex, Carsat Auvergne ■ P. Laurent, Carsat Centre-Ouest ■
A. Deleau, Carsat Languedoc-Roussillon ■ J. Fortuné, Carsat Centre ■
L. Hainoz, Cram Île-de-France ■ G. Le Berre, Carsat Bretagne ■
S. Tirlemont, Carsat Nord-Picardie ■ N. Morais, Carsat Midi-Pyrénées ■
B. Gallin, Carsat Nord-Est ■ R. Mouillseaux, L. Hammen, A. Bourdieu,
INRS

Contacts : R. Mouillseaux, L. Hammen, INRS

Services Prévention des Carsat, Cramif et CGSS

