



Four à micro-ondes

Date:

12 octobre 2016

Les fours à micro-ondes utilisent des rayonnements électromagnétiques haute fréquence (micro-ondes). Ces rayonnements sont absorbés par les aliments et transformés en chaleur. Les aliments ainsi réchauffés ne contiennent pas de micro-ondes et ne rayonnent pas. Le boîtier métallique du four à micro-ondes et la grille métallique de la porte du four retiennent la plus grande partie du rayonnement à l'intérieur du four. Une petite partie de ce rayonnement s'échappe du four. A la surface du four (0-5 cm), on peut observer des intensités de rayonnement relativement élevées, qui décroissent toutefois rapidement : à 30 cm du four, elles sont déjà dix fois inférieures aux valeurs limites. En cas de défectuosité ou d'encrassement des joints d'étanchéité de la porte, ce rayonnement de fuite peut être plus élevé.



Comme pour la cuisson traditionnelle, le risque le plus important lié au four à micro-ondes est celui de se brûler avec des aliments. L'eau bouillante ou les aliments chauds représentent un danger important s'ils entrent en contact avec la peau

Sur la base de l'état actuel des connaissances, le rayonnement d'un four à micro-ondes intact et correctement utilisé n'entraîne aucun risque pour la santé. Les seuls dangers sont les brûlures déjà évoquées et le risque de consommer des aliments contenant des germes, s'ils n'ont pas été suffisamment réchauffés.

Utilisé correctement, le four à micro-ondes permet de réchauffer des aliments sans danger. Les conseils suivants pourront vous être utiles :

- Lisez attentivement le mode d'emploi et observez les consignes de sécurité. En cas de doute, renseignez-vous auprès du revendeur ou du fabricant.
- Utilisez les micro-ondes uniquement pour réchauffer des aliments.
- Placez le four hors de portée des enfants ou installez une sécurité enfant sur l'appareil, afin d'éviter toute utilisation involontaire.
- Veillez à la propreté de l'intérieur du four, du cadre de porte et de ses joints d'étanchéité. Contrôlez l'étanchéité, l'état du boîtier et le système de fermeture de la porte. N'utilisez en aucun cas un appareil présentant un défaut, par exemple une porte déformée ou ne pouvant pas se fermer. Au besoin, faites réparer le four par le fabricant.
- Evitez la surchauffe et une réaction explosive en lien avec l'évaporation de liquides en plaçant une tige en verre ou une cuillère en plastique résistant à la chaleur dans le récipient.
- Pour les œufs, utilisez une cuisinière ou une plaque de cuisson ; au micro-ondes, ils peuvent exploser.



- Avant la cuisson, piquez les aliments recouverts d'une enveloppe ou d'une peau (p. ex. fruits, patates, tomates) ou cuisez-les de manière conventionnelle.
- Les aliments doivent atteindre la température de 70 °C pendant au moins 10 minutes pour être bien cuits et tuer les micro-organismes. Remuez-les de temps en temps pour les réchauffer uniformément.
- Réchauffez les aliments pour bébés de manière conventionnelle afin d'écartier tout risque de brûlure. Si vous souhaitez toutefois utiliser un four à micro-ondes, soyez particulièrement prudent. Réchauffez le biberon sans la tétine. Evitez tout risque de réaction explosive liée à l'évaporation en appliquant le conseil déjà mentionné. Mélangez les aliments pour bébés avant de les donner à votre enfant et contrôlez que la température ne soit pas trop haute. Ne tenez pas votre enfant dans les bras lorsque vous utilisez le micro-ondes.



1 Caractéristiques techniques

Fréquences types

- 0 Hz produit par les aimants permanents du magnétron (champ magnétique statique)
- 50 Hz produit par l'alimentation électrique (champ magnétique de basse fréquence)
- 2,45 GHz produit par le magnétron (champ magnétique de haute fréquence)

Puissance

500 – 2000 Watt (appareils ménagers)

1.1 Principe

Les matériaux faiblement conducteurs tels que l'eau et de nombreux autres composants des denrées alimentaires absorbent l'énergie des micro-ondes. Cette absorption est due au transfert de l'énergie sur des particules électriquement chargées (ions) et des dipôles. Les dipôles sont des molécules dont l'une des extrémités est chargée positivement et l'autre négativement ; leur charge électrique est donc irrégulièrement répartie. Les dipôles les plus fréquents dans les denrées alimentaires sont les molécules d'eau.

Les ions et les dipôles à l'intérieur d'une denrée alimentaire sont mobiles. En présence d'un champ électromagnétique, ils ont tendance à s'orienter en fonction de leur charge dans la direction de ce champ. Le champ (rayonnement) d'un four à micro-ondes change de sens à un rythme extrêmement élevé (cinq milliards de fois par seconde). Les ions et les dipôles vont avoir tendance à suivre les changements de sens du champ magnétique. Ils vont ainsi être soumis à des mouvements très importants, qui auront pour conséquence d'élever leur température et donc celle des denrées alimentaires.

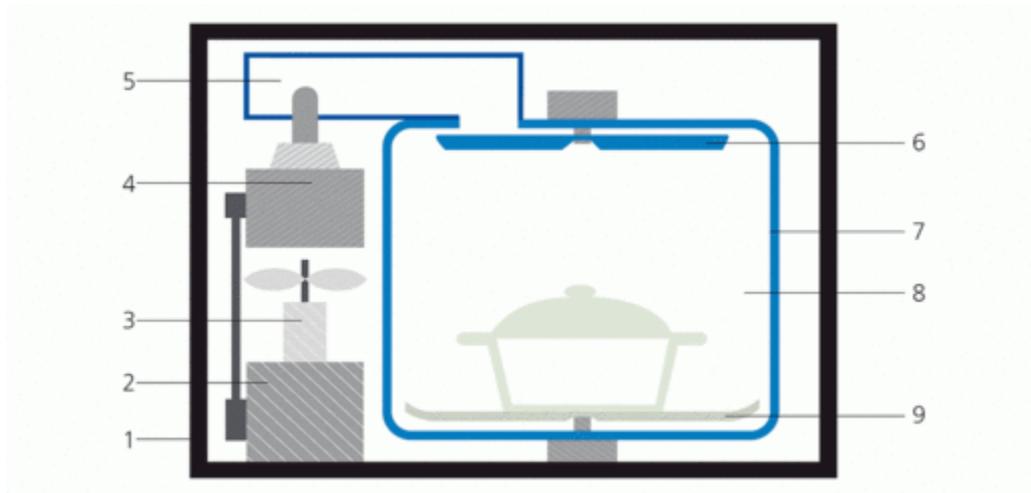
Ce processus de réchauffement est très différent du processus conventionnel, dans lequel le transfert de chaleur se fait à la surface des aliments, la chaleur étant ensuite transmise à l'intérieur de l'aliment par conduction

1.2 Construction

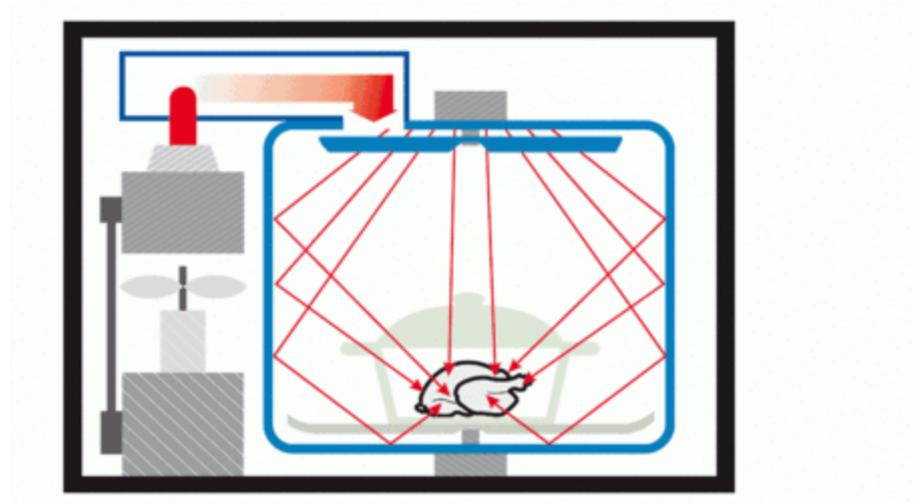
Le rayonnement magnétique est produit par un générateur haute fréquence, le magnétron. Un transformateur fournit la haute tension nécessaire pour le fonctionnement du magnétron. Le magnétron est activé et désactivé 50 fois par seconde. Le rayonnement est donc de type pulsé. La durée typique d'une impulsion de rayonnement est de 10 ms. Le rayonnement est dirigé par le magnétron vers l'intérieur du four, dans la chambre de cuisson.

Les parois métalliques du four et la grille métallique de la porte reflètent le rayonnement et le maintiennent dans le four. A l'ouverture de la porte, la source de rayonnement est immédiatement coupée et le rayonnement cesse en l'espace de 10 µs (microsecondes).

La réflexion du rayonnement sur les parois provoque des interférences, qui augmentent ou diminuent le rayonnement à certains endroits du four. Le rayonnement à l'intérieur du four n'est donc pas distribué régulièrement. Le plateau tournant dans le four assure un échauffement régulier des aliments, malgré la distribution irrégulière du rayonnement. (Figure 1)



- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 1 Boîtier | 6 Réflecteur rotatif |
| 2 Transformateur | 7 Réflecteur métallique |
| 3 Ventilateur du diffuseur | 8 Chambre de cuisson |
| 4 Magnétron | 9 Plateau tournant |
| 5 Guide d'ondes | |





1.3 Fonctionnement

Le transformateur fournit la haute tension nécessaire au fonctionnement du magnétron, qui produit des ondes électromagnétiques. Ces micro-ondes sont concentrées dans un tube en métal, le guide d'ondes, d'où elles sont dirigées vers la chambre de cuisson. Là, elles atteignent les plats disposés sur le plateau tournant soit directement, en étant distribuées par un réflecteur rotatif, soit par réflexion de toutes parts (parois et porte).

1.4 Vaiselle appropriée et inappropriée

Les matériaux électriquement isolants comme le verre et la porcelaine sont pratiquement insensibles aux micro-ondes et conviennent donc très bien comme vaisselle pour les fours à micro-ondes. Il est déconseillé d'utiliser de la porcelaine avec des décorations métalliques, les micro-ondes détruisant les motifs.

Les micro-ondes sont presque entièrement réfléchies par les matériaux électriquement conducteurs comme les métaux, de sorte que les aliments placés dans des récipients métalliques ne sont pas réchauffés. De plus, on évitera d'utiliser des récipients métalliques, car ils perturbent la répartition optimale des micro-ondes dans la chambre de cuisson. Des parties métalliques trop proches de la paroi de la chambre de cuisson peuvent provoquer des étincelles..

2 Mesures d'exposition

2.1 Rayonnement électromagnétique de haute fréquence

Rayonnement de fuite des fours à micro-ondes

Le rayonnement de haute fréquence s'échappant d'un four à micro-ondes en fonctionnement est appelé rayonnement de fuite. Ce rayonnement ne doit pas dépasser 5 mW/cm² à une distance de 5 cm de l'appareil (ce qui correspond à un champ électrique de 137 V/m). Le rayonnement de fuite de fours à micro-ondes neufs et usagés dans des ménages et des restaurants a été mesuré dans le cadre de trois études (tableau 1).



Tableau 1 : Rayonnement de fuite moyen de fours à micro-ondes à 5 cm de l'appareil.

Etude		Rayonnement de fuite moyen (mW/cm ²)	Nombre d'appareils mesurés	Age des appareils (
Etude [2]: appareils usagé		0,41	106	0,1 – 14
Etude [3]	appareils neufs	0,08	60	0
	appareils usagé	0,17	103	1 - 23
Etude [4]: appareils usagé		moins de 0,062 pour 50% des appareils, max. 0,086	130	0,5 – 18

Ces trois études arrivent à la conclusion que le rayonnement de fuite est le plus important lorsque les joints d'étanchéité de la porte sont usés ou encrassés, ou lorsque la porte ou le système de fermeture sont usés. Le rayonnement de fuite maximal admissible n'a été dépassé que dans un seul cas.

Le taux d'absorption spécifique (valeur SAR)

Le taux d'absorption spécifique (SAR : Specific Absorption Rate) représente le meilleur moyen de quantifier l'exposition de l'être humain au rayonnement haute fréquence. Le taux d'absorption spécifique (en W/kg) indique la quantité de puissance (W) absorbée par le corps humain (kg).

Les valeurs SAR liées au rayonnement de fuite d'un four à micro-ondes ont été déterminées dans le cadre d'une étude[5]. Le four à micro-ondes a été préparé de manière à émettre le rayonnement de fuite maximum admissible. A une distance de 30 cm (ce qui correspond à une exposition de tout le corps) comme à une distance de 5 cm (ce qui correspond p.ex. à l'exposition de la tête lorsqu'on regarde les aliments dans le four), les valeurs SAR sont nettement inférieures aux valeurs limites recommandées (tableau 2). Ce n'est qu'au contact direct avec le four que les valeurs limites recommandées sont dépassées [6, 7].



Tableau 2 : Valeurs SAR d'un four à micro-ondes avec un rayonnement de fuite admissible maximum (5 mW/cm² à 5 cm) et comparaison avec les valeurs limites recommandées pour différentes parties du corps.

Distance (cm)	Valeur SAR mesurée (W/kg)	Valeurs limites recommandées	
		SAR (W/kg)	Partie du corps exposée
< 0,1	7,95	4	membres
5	0,256	2	tête, corps
30	0,0056	0,08	tout le corps

2.2 Les champs magnétiques basse fréquence

Les champs magnétiques basse fréquence sont produits par le transformateur et le moteur du plateau tournant, ainsi que par le transformateur de forte puissance du magnétron. Les champs magnétiques basse fréquence ont été mesurés pour 34 fours à micro-ondes (tableau 3) [8]. Les valeurs mesurées ne dépassent pas la valeur limite recommandée de 100 μ T. Le champ magnétique décroît fortement lorsqu'on s'éloigne de l'appareil.

Tableau 3 : Champs magnétiques de 50 Hz de 34 fours à micro-ondes étudiés, valeur moyenne \pm écart type

Distance (cm)	Champ magnétique (μ T)
5	27,3 \pm 16,7
50	1,66 \pm 0,63
100	0,37 \pm 0,14



3 Effets sur la santé

3.1 Effets des champs électromagnétiques

Champs magnétiques haute fréquence

Le rayonnement électromagnétique des fours à micro-ondes a été étudié quant à ses effets sur les yeux. Le cristallin de l'œil étant peu vascularisé, la chaleur qui s'y accumule est difficilement évacuée. Le cristallin est par conséquent sensible aux températures élevées, qui peuvent conduire à une opacification permanente de celui-ci (cataracte). En observant les aliments en cours de cuisson à travers la porte du four, les yeux se trouvent très près de l'appareil, où ils sont exposés au rayonnement de fuite. Les études ont cependant montré qu'à porte fermée, le rayonnement est trop faible pour provoquer un échauffement significatif [9].

Globalement, on ne dispose pas, pour les fours à micro-ondes, d'indices concernant des effets sur la santé liés à une élévation de la température du corps.

Champs magnétiques basse fréquence

Les fours à micro-ondes font partie de la catégorie d'appareils ménagers à l'origine de champs électromagnétiques de basse fréquence relativement forts. Malgré cela, l'exposition aux champs magnétiques de ces appareils reste modeste, dans la mesure où ils ne fonctionnent que pendant de courts laps de temps. Les études réalisées à ce jour n'ont pas permis de mettre en évidence avec certitude un quelconque effet des fours à micro-ondes sur la santé [10-13].

3.2 Dangers liés à une utilisation impropre des fours à micro-ondes

Réchauffement d'aliments et d'objets

Dans un four à micro-ondes, le réchauffement des aliments est particulièrement rapide et s'accompagne du développement d'une pression importante à l'intérieur des aliments jusqu'à une certaine taille (3-4 cm). Les aliments avec une enveloppe ou une peau, comme les œufs, les tomates, les pommes de terre et les saucisses, peuvent éclater ou exploser dans le four ou après en être sortis. Ces aliments doivent par conséquent être pelés ou suffisamment piqués avant leur cuisson. Il est préférable de cuire les œufs à l'eau, de manière conventionnelle, car, réchauffés ou cuits au four à micro-ondes, même pelés, ils peuvent exploser et provoquer des brûlures, parfois graves [14], ou des blessures aux yeux.



Les récipients hermétiques comme les bouteilles, les pots d'aliments pour bébés, les emballages sous vide, etc. doivent être ouverts avant leur réchauffement dans un four à micro-ondes. Pour les biberons, on prendra soin d'enlever la tétine, car l'explosion d'un biberon peut provoquer des brûlures graves [15].

Réchauffement de liquides et d'aliments

Dans un four à micro-ondes, il peut arriver que des liquides soient réchauffés au-delà de leur point d'ébullition sans qu'il y ait formation de bulles ni de vapeur. De très légères secousses peuvent provoquer dans ces liquides surchauffés (boissons, solutions pour inhalations) la formation presque instantanée de grosses bulles, qui s'échappent du liquide de manière explosive, entraînant du liquide et pouvant provoquer des brûlures. Ce risque peut être écarté en plaçant une tige en verre ou une cuillère en plastique dans le récipient. Des cuillères à café peuvent également être utilisées dans ce but, pour autant qu'elles soient en matériaux résistants comme l'acier inox. N'utilisez pas de cuillères argentées.

Sous l'effet des micro-ondes, les liquides, les aliments et les substances gélatineuses (p.ex. sachet réfrigérant ou chauffant) sont réchauffés plus rapidement à l'intérieur qu'à l'extérieur. De ce fait, les récipients et les aliments peuvent ne pas paraître chauds au premier contact, au moment de les sortir du four. Cela entraîne un risque élevé de brûlure de la gorge, notamment pour les bébés. Il est donc préconisée de mélanger les liquides, les aliments et les autres objets sortis du four avant de contrôler leur température.

Les fours à micro-ondes doivent être placés de manière à ce que les enfants ne puissent pas les atteindre, afin d'éviter les accidents. Les enfants de moins de 2 ans sont déjà capables de les ouvrir et d'en sortir des aliments [16]. En outre, les blessures dues aux fours à micro-ondes sont plus graves chez les enfants [17].

Préparation hygiénique des aliments

Dans un four à micro-ondes, il peut arriver que les aliments ne soient pas réchauffés de façon homogène :

- Pour des raisons inhérentes à la construction, des différences de température importantes peuvent exister dans la chambre de cuisson.
- Les différents composants des aliments (eau, graisses, protéines, hydrates de carbone) ne sont pas réchauffés à la même vitesse, ce qui peut entraîner l'apparition de zones très chaudes et de zones froides.
- Les aliments très salés sont surchauffés en surface.

En raison du réchauffement irrégulier des aliments, il y a un risque que les micro-organismes qu'ils contiennent ne soient pas entièrement tués. La préparation hygiéniquement irréprochable des aliments peut être assurée au moyen des mesures suivantes :



- Augmenter le temps de cuisson. L'alternance entre périodes de réchauffement et de repos permet une meilleure compensation de la température. Ce processus peut être accéléré en remuant les aliments. Les aliments doivent être réchauffés à l'intérieur et à l'extérieur à au moins 70 °C pendant dix minutes.
- Les grandes quantités et les gros morceaux (d'une épaisseur supérieure à 3-4 cm) ne peuvent pas toujours être correctement cuits au four à micro-ondes. Dans ce cas, choisir une autre méthode de cuisson.

Modification de la composition chimique des aliments

Tout réchauffement des aliments entraîne des modifications chimiques. De nouvelles substances apparaissent et des substances existantes sont partiellement détruites. Ces modifications dépendent de la durée et de la température de cuisson. Les modifications des aliments réchauffés dans un four à micro-ondes sont comparables à celles entraînées par un mode de cuisson conventionnel en ce qui concerne la valeur nutritive, la digestibilité des protéines, la composition des acides aminés et la stabilité des vitamines liposolubles (A et E). En comparaison avec les méthodes de cuisson conventionnelles, les vitamines hydrosolubles (C et B) sont mieux conservées par la cuisson au micro-ondes. Les graisses sont moins oxydées, ce qui donne lieu à moins de substances toxiques hautement réactives (radicaux). La cuisson dans un four à micro-ondes produit généralement moins de substances indésirables telles que des hydrocarbures aromatiques polycycliques et des amines aromatiques hétérocycliques que la cuisson à la poêle. En revanche, elle ne permet pas d'obtenir une croûte aromatique.

D'importantes études toxicologiques se sont penchées sur la production éventuelle de substances toxiques dans les aliments chauffés dans un four à micro-ondes [18]. Par rapport aux modes de cuisson conventionnels, on n'a pas constaté de différences avec les aliments préparés dans un four à micro-ondes. Les analyses microbiologiques et biochimiques n'ont montré aucune génotoxicité des aliments réchauffés aux micro-ondes.

4 Législation

Les fours à micro-ondes sont considérés comme des appareils électriques à basse tension, lesquels sont réglés par l'ordonnance du 9 avril 1997 sur les matériels électriques à basse tension [19]. Cette ordonnance précise que les appareils à basse tension ne doivent mettre en danger ni les personnes, ni les choses lorsqu'ils sont exploités et utilisés correctement, ni, si possible, en cas d'usage incorrect prévisible ou de dérèglement prévisible. Elle précise également que les appareils électriques à basse tension ne peuvent être mis sur le marché que s'ils satisfont aux exigences essentielles de la directive européenne sur les matériels électriques à basse tension relatives à la sécurité et à la protection de la santé.

Au moment de la mise sur le marché d'un produit, les fabricants d'appareils électriques à basse tension doivent disposer d'une déclaration de conformité confirmant que le produit en question respecte les exigences essentielles. Les exigences essentielles applicables aux différents produits sont précisées dans des normes techniques. Les exigences relatives aux champs électromagnétiques des fours



à micro-ondes sont traitées dans la norme SN EN 62233 [20] pour le domaine des basses fréquences et la norme SN EN 60355-2-25 [21] pour le domaine des hautes fréquences. Les critères de conformité applicables sont identiques aux valeurs limites recommandées pour l'Union européenne [6].

Les fabricants sont eux-mêmes responsables du respect des critères de conformité par leurs appareils. Il n'existe pas, en Suisse, de contrôle systématique du marché. Le respect des prescriptions est vérifié sur le marché par l'Inspection fédérale des installations à courant fort (ESTI ; <http://www.esti.admin.ch/fr/>), au moyen de contrôles par pointage.



5 Bibliographie

1. International Life Science Institute (ILSI): Microwave Ovens. ILSI Europe Concise Monograph Series, 2006.
2. Alhekail ZOI. Electromagnetic radiation from microwave ovens. J.Radiol.Prot. 2001;21:251-8.
3. Thansandote A, Lecuyer D, Gaijda B. Radiation leakage of before-sale and used microwave ovens. Microwave World 2000;21:4-8.
4. Matthes R. Radiation emission from microwave ovens. J.Radiol.Prot. 1992;12:167-72.
5. Bangay B, Zombolas C. Advanced Measurements of Microwave Oven Leakage. The Journal of the Australian Radiation Protection Society 2003;20:47-51.
6. Recommandation du Conseil, du 12 juillet 1999, relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz) (1999/519/CE) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999H0519&from=ITICNIRP>. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 1998;494-521.
7. Preece AW et al. Magnetic fields from domestic appliances in the UK. Phys.Med.Biol. 1997;42:67-76.
8. Leitgeb N, Tropper K. Eye heating caused by microwave ovens. Biomed.Tech (Berl) 1993;38:17-20.
9. Behrens T et al. Quantification of lifetime accumulated ELF-EMF exposure from household appliances in the context of a retrospective epidemiological case-control study. J Expo.Anal.Environ Epidemiol. 2004;14:144-53.
10. Preston-Martin S et al. Los Angeles study of residential magnetic fields and childhood brain tumors. Am.J Epidemiol. 1996;143:105-19.
11. Kleinerman RA et al. Self-reported Electrical Appliance Use and Risk of Adult Brain Tumors. Am.J Epidemiol. 2005;161:136-46.
12. Hatch EE et al. Association between childhood acute lymphoblastic leukemia and use of electrical appliances during pregnancy and childhood. Epidemiology 1998;9:234-45.
13. Gurney JG et al. Childhood brain tumor occurrence in relation to residential power line configurations, electric heating sources, and electric appliance use. Am.J.Epidemiol. 1996;143:120-8.
14. Wolf Y, Adler N, Hauben DJ. Exploding microwaved eggs--revisited. Burns 2001;27:853-5.
15. Dixon JJ, Burd DA, Roberts DG. Severe burns resulting from an exploding teat on a bottle of infant formula milk heated in a microwave oven. Burns 1997;23:268-9.
16. Robinson MR, O'Connor A, Wallace L, Connell K, Tucker K, Strickland J. et al. Behaviors of young children around microwave ovens. J Trauma 2011, 71,5 Suppl 2; S534-S536.
17. Thambiraj DF, Chounthirath T, Smith GA. Microwave oven-related injuries treated in hospital EDs in the United States, 1990 to 2010. In: Am J Emerg.Med 2013;31,6,958-963.
18. Jonker D, Til HP. Human diets cooked by microwave or conventionally: comparative sub-chronic (13-wk) toxicity study in rats. Food Chem.Toxicol. 1995;33:245-56.
19. Ordonnance du 9 avril 1997 sur les matériels électriques à basse tension (OMBT) RS 734.26
20. EN SN 62233 « Appareils électrodomestiques et analogues - Champs électro-magnétiques - Méthodes d'évaluation et de mesure »
21. EN SN 60335-2-25 « Sécurité des appareils électrodomestiques et analogues - Partie 2-25 : Règles particulières pour les fours à micro-ondes »



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Gesundheit BAG

Contact spécialisé

Office fédéral de la santé publique OFSP
emf@bag.admin.ch