

ED112 LES FOURS A MICRO ONDES



Sommaire

1.	La cuisson par micro-ondes	2
1.1.	Présentation	2
1.2.	Action sur les aliments.....	2
1.3.	Décongélation.....	2
1.4.	Action sur les êtres vivants	2
2.	Les ondes dans le four	3
2.1.	Généralités.....	3
2.2.	La porte du four	3
2.3.	Comportement des récipients.....	4
2.4.	Gestion de la puissance	4
3.	Le circuit de puissance	4
3.1.	Le transformateur.....	4
3.2.	Le magnétron.....	5
3.2.1.	Le circuit résonnant	5
3.2.2.	Constitution et fonctionnement du magnétron.....	6
3.3.	Le circuit électrique haute tension	7
3.4.	Sécurité lors de l'intervention	7

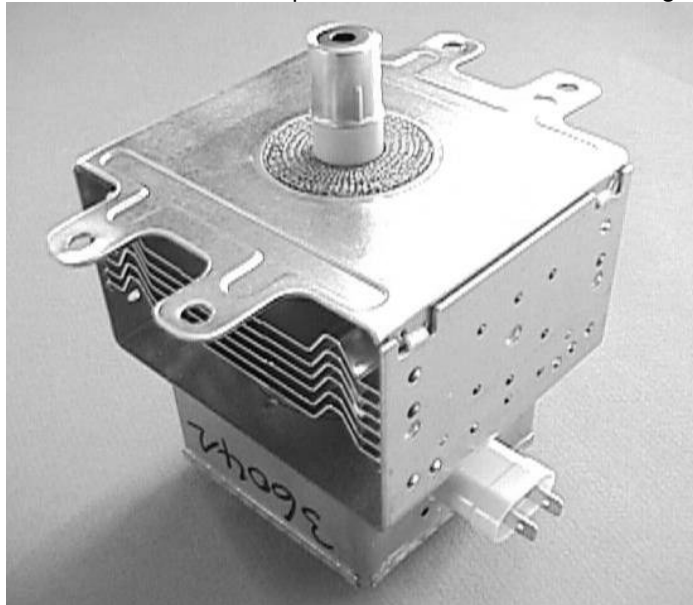
1. La cuisson par micro-ondes

1.1. Présentation

Le four à micro-ondes est basé sur le principe du chauffage par rayonnement d'ondes électromagnétiques invisible n'émettant pas de chaleur. L'action des ondes sur les aliments n'en modifie pas leur structure moléculaire ; leur valeur protéinique est donc conservée.

En projetant ces micro-ondes, on agite les molécules d'eau contenues au cœur des aliments (sur plusieurs centimètres, cela dépend de la longueur d'onde), ce qui provoque un échauffement interne par frottement. Le complément de chauffage s'effectue par simple conduction.

La pénétration des micro-ondes est liée à la puissance de l'émetteur : le magnétron.



1.2. Action sur les aliments

Les propriétés diélectriques des aliments sont largement dominées par leur teneur en eau. Plus ils en contiennent, plus l'échauffement est rapide. De plus, la présence de sels dans l'eau augmente encore la vitesse d'échauffement.

Des vapeurs ont tendance à apparaître à l'intérieur des produits, ce qui contribue à les ramollir. Il est par conséquent fréquent d'associer un gril au four à micro-ondes, ce qui permet de gratiner les aliments et de limiter le ramollissement.

1.3. Décongélation

La glace est pratiquement transparente aux micro-ondes. Dans la viande, par exemple, ce sont les protéines qui absorbent l'énergie, qui s'échauffent et font fondre la glace. De l'eau apparaît alors en surface ; cela crée un emballage alors que la viande est encore congelée à l'intérieur. C'est pourquoi les ondes sont envoyées par séquences, ce qui laisse le temps d'uniformiser les températures.

1.4. Action sur les êtres vivants

Les brûlures par micro-ondes peuvent être graves, voire mortelles. C'est pourquoi les fours à micro-ondes sont fermés hermétiquement et disposent d'une sécurité de porte qui coupe l'alimentation dès l'ouverture.

2. Les ondes dans le four

2.1. Généralités

Dans un four à micro-ondes, les ondes sont émises à une fréquence de 2450 MHz.

Leur longueur d'onde est donc de :

$$\lambda = \frac{C}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2450 \cdot 10^6} = 0,1224 \text{ m} = 12,24 \text{ cm}$$

Ces ondes sont situées dans le domaine des hyperfréquences et sont aussi utilisées dans les radars ou les télécommunications (Wi-fi).

Les micro-ondes se propagent dans le vide mais se réfléchissent sur une plaque métallique. C'est pourquoi la cavité du four est généralement de forme parallélépipédique (pour « piéger » les ondes), en tôles d'acier inoxydable polies et soudées.

L'emplacement du produit à chauffer est étudié pour obtenir un rendement optimum.

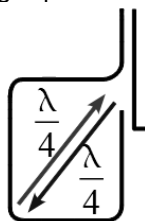
Il est à noter que le fonctionnement à vide est à éviter pour éviter un retour des ondes vers le magnétron qui risque alors d'être endommagé.

Le problème est identique en cas de présence d'un corps métallique dans l'enceinte.

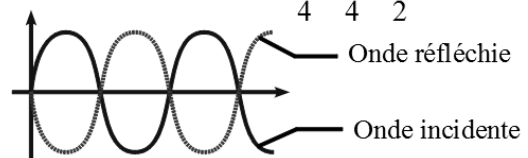
2.2. La porte du four

Elle ne doit en aucun cas laisser passer des rayonnements dangereux. Elle comporte généralement une vitrine étanche aux ondes grâce à un treillis métallique ou une tôle perforée de trous qui « piègent » les rayonnements (liés à leur longueur d'onde). De nombreuses sécurités électriques ou mécaniques assurent de plus à la porte une étanchéité parfaite :

- un élément obturateur ;
- un joint flexible ;
- un contact direct entre la carcasse métallique et la porte ;
- des joints capacitifs formant un champ électrique bloquant ;
- éventuellement, un « piège quart d'onde ».



Au niveau de la porte, l'onde incidente et l'onde réfléchie se retrouvent déphasées de : $\frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$



Les deux ondes sont en opposition de phase. Elles s'annulent donc.

2.3. Comportement des récipients

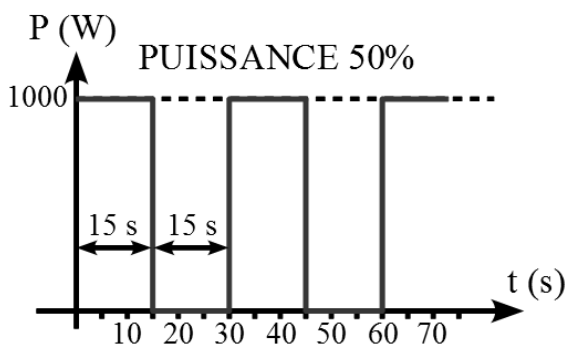
Selon les matériaux, les ondes peuvent être :

- absorbées : les matériaux sont alors chauffés et risquent de se déformer ou de se ramollir ;
- réfléchies : c'est le cas des métaux. Les ondes risquent d'être renvoyées vers le magnétron et l'endommager. Ces matériaux sont à proscrire absolument ;
- transmises : ces matériaux laissent passer les micro-ondes sans s'échauffer (verre, céramique, porcelaine, etc.).

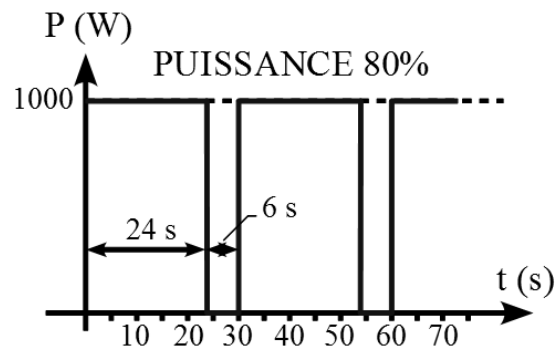
2.4. Gestion de la puissance

Les fours à micro-ondes sont commandés soit par une minuterie (mécanique ou à afficheur), soit par un procédé électronique. Dans les deux cas, la régulation de la puissance s'effectue de manière cyclique en tout ou rien.

Exemples pour un four de 1000 W :



$$P_{\text{moy}} = \frac{P_{\text{max}} \times 15}{T} = \frac{1000 \times 15}{30} = 500 \text{ W}$$



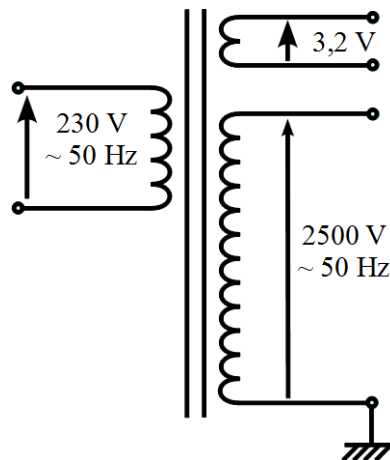
$$P_{\text{moy}} = \frac{P_{\text{max}} \times 24}{T} = \frac{1000 \times 24}{30} = 800 \text{ W}$$

3. Le circuit de puissance

3.1. Le transformateur

Dans un four à micro-ondes, le transformateur alimente deux circuits différents du magnétron :

- un circuit servant au préchauffage du filament de la cathode ($U = 3,2 \text{ V}$, $I = 10 \text{ A}$) ;
- un circuit haute tension d'alimentation de l'anode ($U \approx 2500 \text{ V}$, $I \approx 0,3 \text{ A}$).



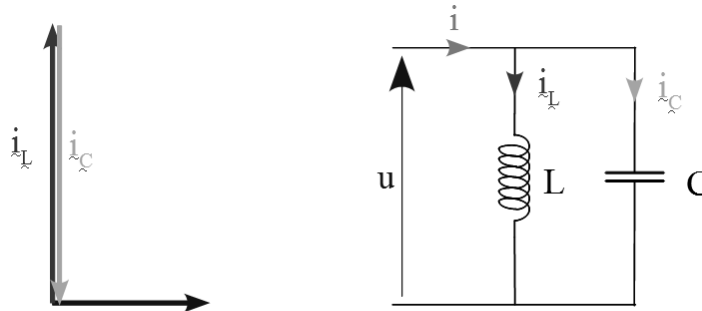
3.2. Le magnétron

C'est un oscillateur qui transforme l'énergie électrique haute tension, 50 Hz, en énergie électromagnétique sous forme d'ondes de fréquence 2450 MHz.

Il est constitué d'une anode (positive) et d'une cathode (négative).

3.2.1. Le circuit résonnant

Un circuit résonnant est tel que tension et courant en ligne sont en phase. La seule solution nous mène donc à :



Le courant en ligne est donc nul.

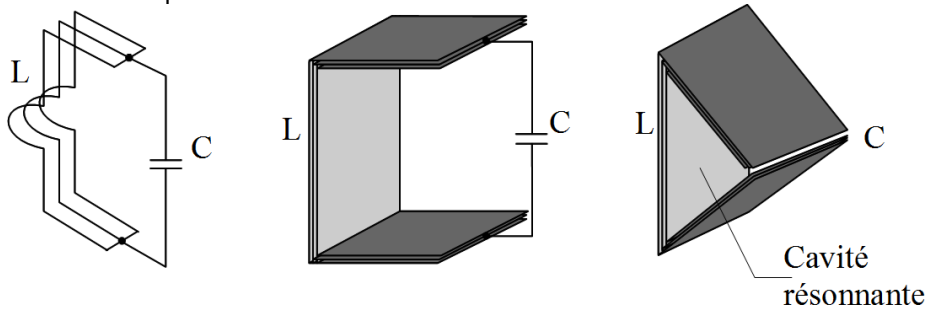
Les impédances Z_L et Z_C sont donc égales. En effet :

$$|i_L| = \frac{u}{L\omega} \quad \text{et} \quad |i_C| = u.C.\omega \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{L.\omega} = C.\omega \quad \Rightarrow \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{L.C}} = \omega_0$$

$$\text{Donc la fréquence de résonance : } f_0 = \frac{1}{2.\pi.\sqrt{L.C}}$$

Ce circuit est appelé **circuit bouchon**.

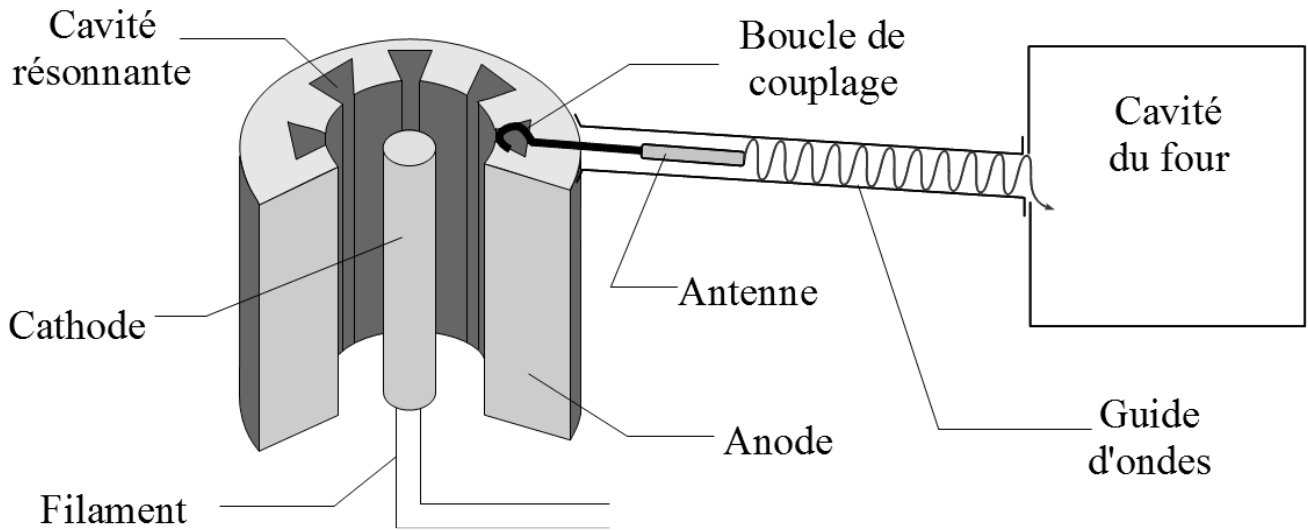
Pour obtenir une valeur de f_0 de l'ordre de 2450 MHz, il faut donc que L et C soient très faibles. Or, une seule spire de bobinage dépasse déjà la valeur voulue ; c'est pourquoi on en place plusieurs en parallèle. À de très hautes fréquences, cette mise en parallèle forme un profilé en « U ». En rabattant les deux extrémités, on obtient un condensateur de valeur acceptable. On forme alors une « cavité résonnante ».



3.2.2. Constitution et fonctionnement du magnétron

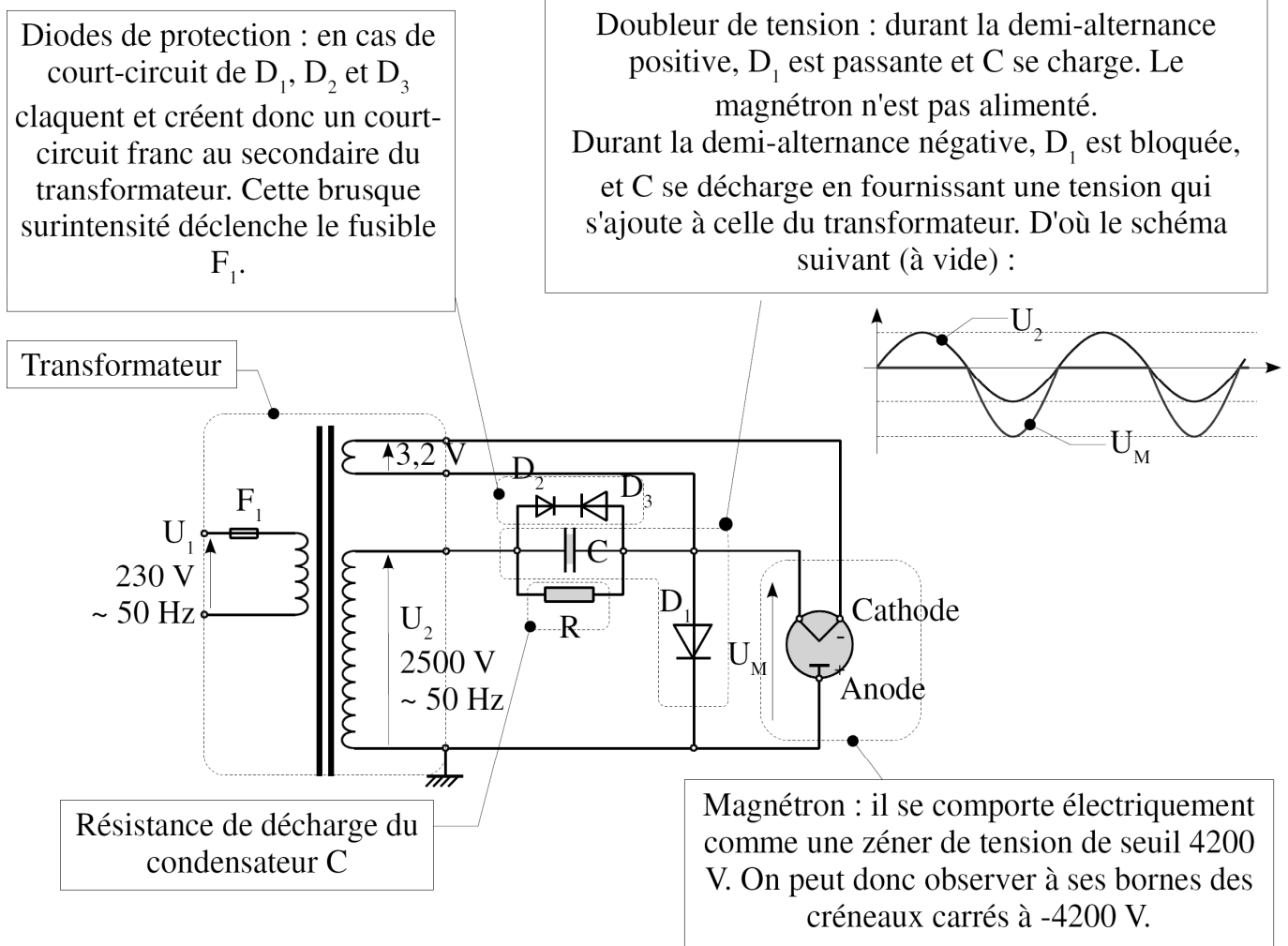
L'anode est constituée de 10 cavités résonnantes reliées entre elles pour former un cylindre. La cathode est l'axe situé au centre et est entouré d'un filament de tungstène qui, alimenté sous 3,2 V, chauffe à plus de 1500 °C ce qui lui permet d'émettre des électrons. Des aimants, situés à proximité, canalisent ce flux et impriment aux électrons une trajectoire hélicoïdale.

En passant devant les cavités, ils rentrent en résonance et provoquent alors un rayonnement à 2450 MHz. Les micro-ondes sont alors prélevées à l'aide d'une boucle de couplage, rayonnées par une antenne à l'intérieur d'un guide d'ondes qui les transportent enfin à l'intérieur du four.



3.3. Le circuit électrique haute tension

La haute tension sort du transformateur à environ 2500 V. Un circuit appelé « doubleur de tension » permet d'adapter la HT de manière à atteindre les 4000 V nécessaires au fonctionnement du magnétron dès que la cathode de celui-ci aura atteint sa température de travail (800 °C environ).



3.4. Sécurité lors de l'intervention

L'ouverture du capot d'un four à micro-ondes doit toujours s'effectuer après débranchement de l'appareil et aucune mesure ne doit être faite en présence de la haute tension. Pour cela, le condensateur doit être déchargé avant toute intervention.

Voici quelques-uns des différents tests :

- test de continuité de terre entre la carcasse et la fiche de terre ;
- contrôle d'étanchéité aux ondes (en fonctionnement) : une mesure avec un testeur de fuites ne doit pas excéder les 5mW / cm² à une distance fixe de 5 cm.
- étanchéité du magnétron : il faut vérifier le joint métallique tressé situé autour de l'antenne ;
- test des composants (en particulier la diode HT D_1 et le transformateur) à l'ohmmètre ;

Tout essai en fonctionnement sous tension ne doit jamais se faire à vide. Pour cela, on peut placer un verre plein d'eau dans la cavité.