

# Le four à micro-ondes

## 1 Historique



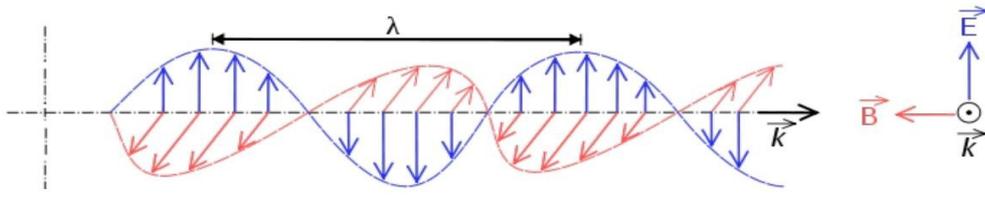
La technologie des micro-ondes a démarré dans les années 1930, sous l'impulsion d'un groupe de chercheurs britanniques dans le cadre de recherches militaires. En 1939, ils mettent au point le "magnétron", un appareil qui produit des ondes ultracourtes. Cet appareil servira à la fabrication de radars utilisés pour la première pendant la bataille d'Angleterre.

Lors de ces recherches, on remarque l'effet des ces ondes qui réchauffent en particuliers les aliments. La cuisson aux micro-ondes est inventée. Le premier four à micro-ondes, de marque Radarange est vendu en 1953.

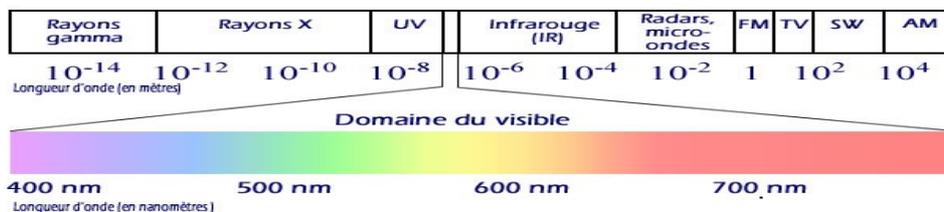
## 2 Les ondes électromagnétiques

Une onde électromagnétique  $\vec{B}$  est une variation (vibration) dans l'espace (air, vide, etc.) à la fois d'un champ magnétique et d'un champ électrique  $\vec{E}$ . Dans une onde le champ électrique et le champ magnétique sont perpendiculaires.

$\vec{k}$  représente le sens de propagation de l'onde électromagnétique.



Une onde électromagnétique peut être visible ou invisible. (cela dépend de la valeur de la longueur d'onde). La lumière une onde électromagnétique.



Longueur d'onde (km)  $\lambda = \frac{\text{Vitesse de la lumière (Km / s)}}{\text{Fréquence (Hz)}}$

Une onde électromagnétique est définie par

- sa longueur  $\lambda$  d'onde en mètre (m)
- sa fréquence  $f$  en hertz
- sa vitesse de propagation  $V$  en m/s (constante dans un milieu homogène)

$$\lambda = c / f = c \cdot T$$

$c$  : vitesse de la lumière

$\lambda$  : longueur d'onde [m]

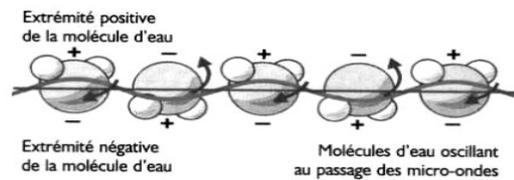
$f$  : fréquence [Hz]

$T$  : période [s]

rappel:  $f = 1 / T$

### 3 Principe de cuisson

Le champ électromagnétique (2450 **MHz**) développe une intense agitation des molécules d'eau qui oscillent au passage au passage des micro-ondes. La chaleur est générée par la friction des molécules d'eau entre elles. Cet effet thermique est donc le résultat de l'interaction des micro-ondes avec les molécules d'eau.



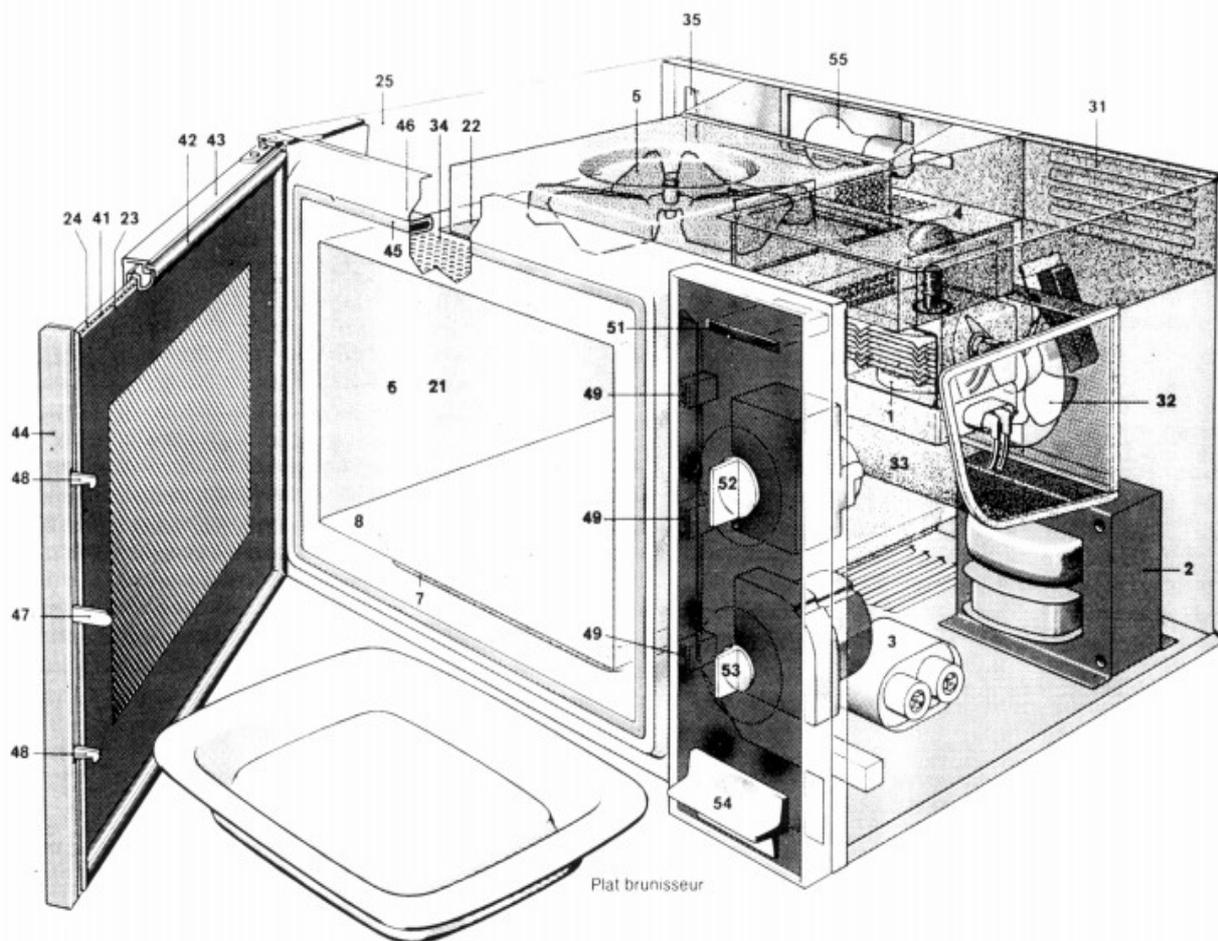
La pénétration des micro-ondes dans les denrées alimentaires est liée à la puissance de l'émetteur. L'action thermique directe est très intense en surface et dans les premières couches. La pénétration diminue progressivement avec l'épaisseur.

### 4 Réglementation et sécurités

- Les micro ondes font partie des rayonnements non ionisants. Par conséquent, il n'y a aucun effet
- Impossibilité de faire fonctionner un appareil si la porte n'est pas verrouillée,
- Le fait ouvrir la porte pendant le fonctionnement coupe l'alimentation électrique
- Pour éviter des fuites, la porte est dotée de plusieurs protections :
  - Un cadre d'ouverture est équipé d'un joint en caoutchouc ferrite, qui agit en absorbeur dissipateur d'énergie résiduelle
  - Une grille qui forme une cage de Faraday avec l'enceinte de cuisson.

### 5 Constitution d'un four micro ondes

Un four à micro-ondes comporte un émetteur de micro-ondes appelé « magnétron ». Les ondes émises sont confinées dans une enceinte appelée cavité. Cette cavité est fermée par une porte couplée à un dispositif de sécurité pour éviter l'émission d'ondes vers l'extérieur. Un brasseur d'ondes et/ou un plateau tournant participe à une meilleure répartition des ondes sur les aliments. Il comporte aussi un système d'alimentation électrique et des éléments de commandes.



### 1 - Cuissons

- 1 - Tube magnétron producteur de micro-ondes.
- 2 - Transformateur de courant électrique domestique.
- 3 - Condensateur magnétron.
- 4 - Canal de guidage métallique des ondes.
- 5 - Ventilateur métallique brasseur d'ondes.
- 6 - Enceinte métallique.
- 7 - Fond métal sous sole.
- 8 - Sole fixe en céramique lisse.

### 2 - Entretien

- 21 - Métal plastifié sur 4 faces de l'enceinte.
- 22 - Capot en plastique sous brasseur d'ondes et ventilation arrière.

- 23 - Feuille plastique adhérent à l'écran de porte et enserrée dans le joint de porte.
- 24 - Façade en verre avec hublot.
- 25 - Enveloppe extérieure en tôle plastifiée.

### 3 - Ventilation

- 31 - Entrée d'air.
- 32 - Ventilateur magnétron.
- 33 - Enveloppe magnétron.
- 34 - Sortie d'air de l'enceinte.
- 35 - Sortie d'air du four.

### 4 - Sécurités

- 41 - Ecran métallique ajouré en sandwich entre verre (extérieur) et plastique (intérieur).
- 42 - Joint plastique creux d'encadrement de porte.
- 43 - Cadre métallique profilé de porte.
- 44 - Montant plastique de cadre de porte.

- 45 - Joint plastique encastré dans gorge métallique périphérique de façade d'enceinte.

- 46 - Bossage de la façade de l'enceinte.
- 47 - Guide de fermeture de porte.
- 48 - Loquets haut et bas de fermeture (et ouverture).
- 49 - Etriers de verrouillage mécanique et électrique de la porte et de déclenchement du fonctionnement (émission d'ondes et éclairage) du four.

### 5 - Commandes

- 51 - Voyant lumineux de fonctionnement.
- 52 - Minuteur 30 minutes.
- 53 - Commande variable Varion à 6 positions principales : cuisson, réchauffage, braisage, mijotage, décongélation, étuve.
- 54 - Poignée d'ouverture du four.
- 55 - Eclairage intérieur du four.

La porte possède des sécurités à l'ouverture en fonctionnement et un grillage qui fait écran aux micro-ondes.

Les principales commandes sont:

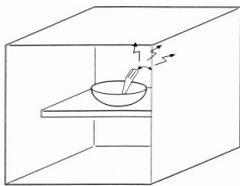
- un sélecteur de puissance
- une minuterie
- un bouton marche – arrêt
- un bouton d'ouverture de porte

Les programmes les plus utilisés sont:

<b>DECONGELATION</b>	Pour mettre à température les surgelés cuits et les légumes surgelés
<b>MAINTIEN</b>	Pour maintenir ou mettre à température du beurre, de la crème, de la glace, du vin, etc.
<b>CUISSON TRES DOUCE</b>	Pour terminer les cuissons fragiles ou cuire très lentement. Pour décongeler des aliments fragiles (beurre, crème).
<b>MIJOTAGE</b>	Pour terminer les cuissons démarrées en "cuisson forte" tels que haricots, lentilles, laitages. Pour décongeler de grosses pièces de viande
<b>CUISSON DOUCE</b>	Pour terminer des cuissons de plats démarrées en "cuisson forte" qui risquent de trop cuire en surface, rôti de veau, rôti de porc. Pour cuire des poissons fragiles : rougets, sardines
<b>CUISSON FORTE</b>	Pour les légumes, poissons, volailles, potages Pour chauffer tous les liquides Pour réchauffer tous les restes, plats cuisinés frais ou congelés Pour le préchauffage du plat brunisseur Pour mettre à température les surgelés cuits et les légumes surgelés

## 6 Les arcs électriques et le retour d'ondes

L'introduction de plats métalliques ou en aluminium est interdite car elle engendre des arcs électriques du au retour (rebondissement) des ondes et peut causer un risque de destruction du magnétron ou d'incendie.

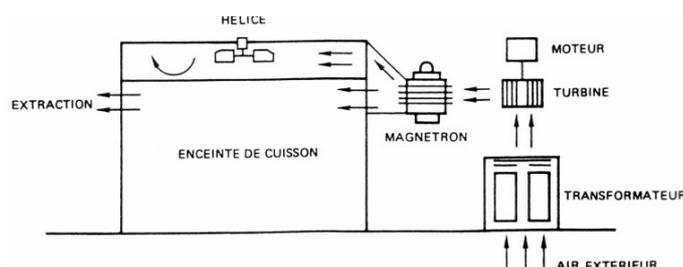


## 7 Diffusion et répartition des micro-ondes dans l'enceinte

Les micro-ondes générées par le magnétron sont acheminées vers l'enceinte de cuisson via un conduit appelé « guide d'ondes ». Sa sortie est souvent protégée des projections par du papier mica (matériau isolant). Il convient de répartir au mieux les micro-ondes sur toute la surface de l'aliment à cuire.

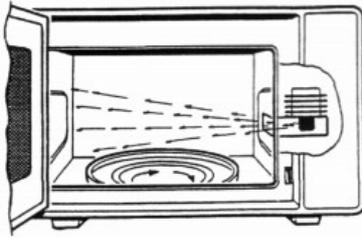
Deux solutions principales existent :

- Le brasseur d'ondes: son action est complétée par les parois du four qui réfléchissent les ondes. Il est constitué d'une hélice formée de pales, fixé sur la voûte. Sa rotation est provoquée par le flux d'air provenant du ventilateur de refroidissement.
- Le plateau tournant met en mouvement l'aliment dans le flux de micro-ondes.

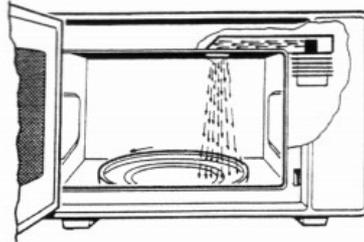


exemples de diffusion et de répartition des micro-ondes dans les aliments à cuire

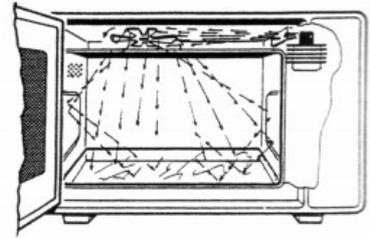
**Douche horizontale et plateau tournant**



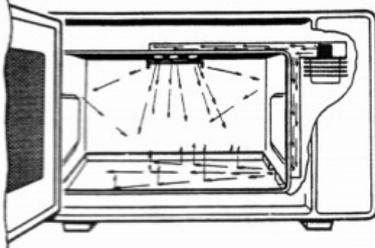
**Douche verticale et plateau tournant**



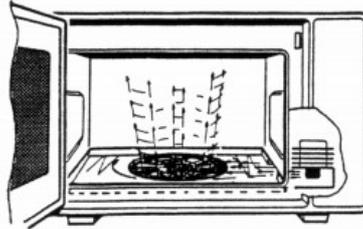
**Guide d'ondes et brasseur**



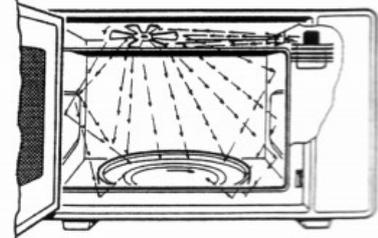
**Double guide d'ondes et brasseur**



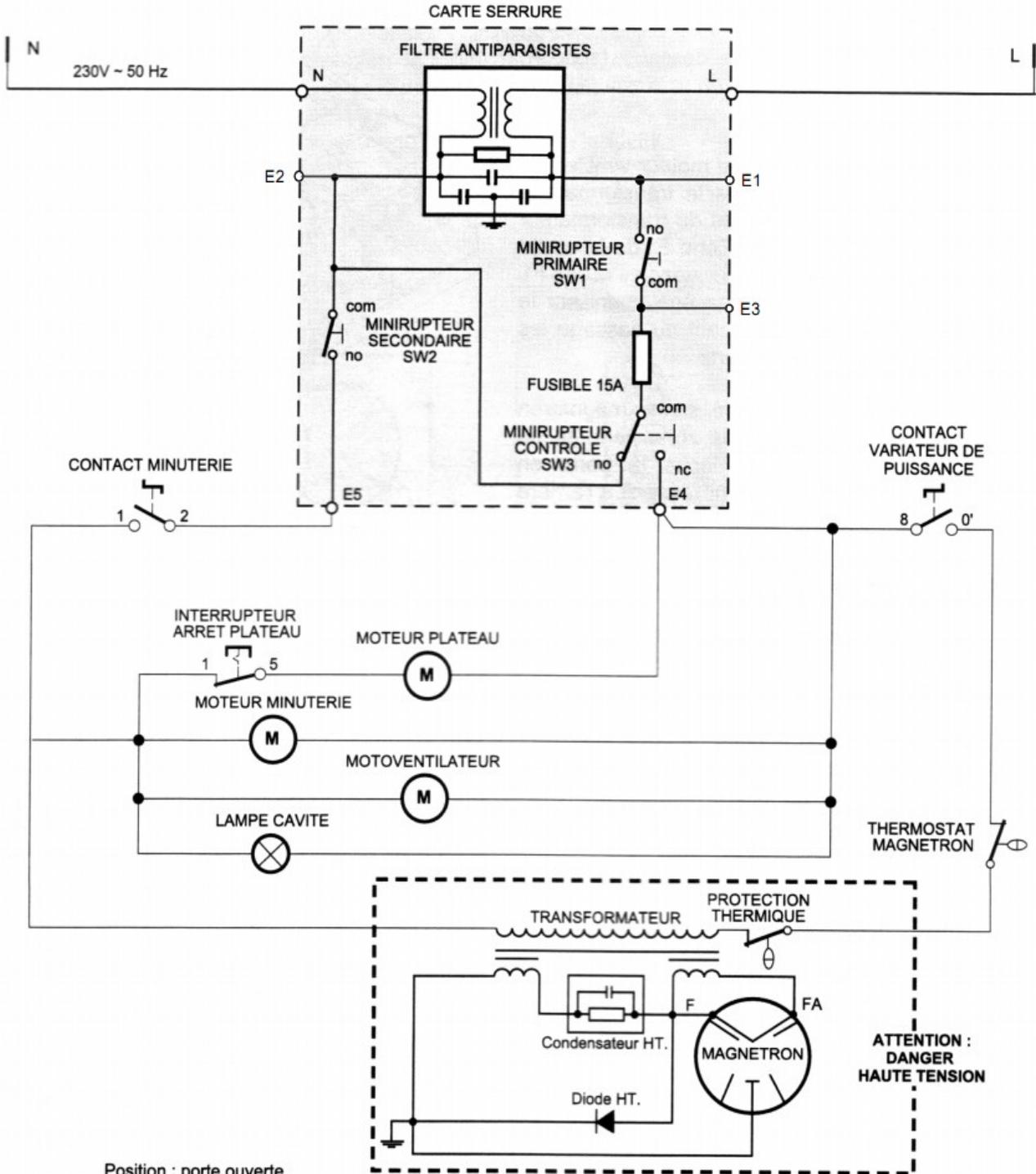
**Brasseur inférieur**



**Guide d'ondes, brasseur et plateau tournant**



## 8 Schéma de principe d'un four micro ondes à commande mécanique

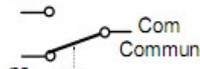


Position : porte ouverte

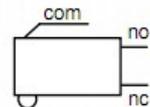
MINIRUPTEURS	Contrôle SW3		Primaire SW1		Secondaire SW2	
	com	nc	com	no	com	no
Porte Ouverte						
Porte Fermée						

Normalement ouvert

no



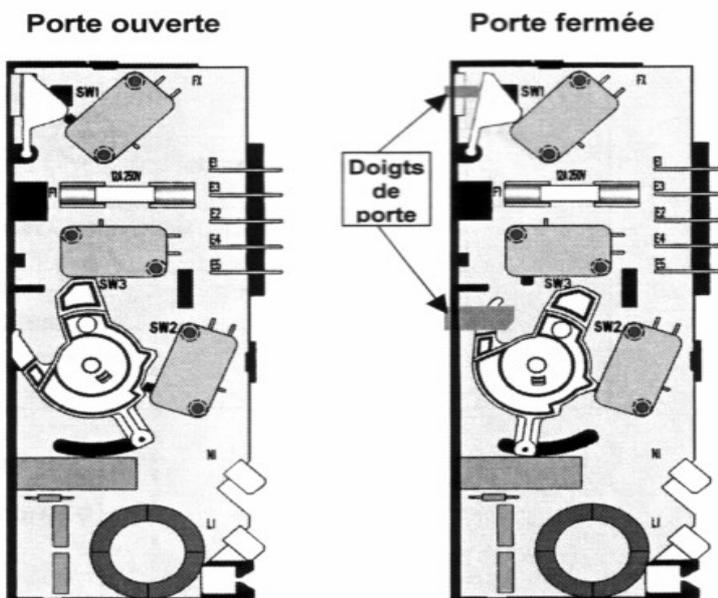
Normalement connecté



## 9 Etude de la partie commande

La partie commande (basse tension 230V alternatif efficace) est composée d'une carte serrure comprenant un filtre antiparasites, trois mini interrupteurs SW1, SW2 et SW3, un fusible de 15 A et la connexion du cordon secteur. Les mini interrupteurs permettent de respecter le cahier des charges concernant la sécurité. (pas de fonctionnement du magnétron si la porte est ouverte).

Mini interrupteurs	Valeur ohmique	
	Porte ouverte	Porte fermée
E1 -E3 interrupteurs SW1		
E3-E4 interrupteurs SW3		
E3-E2 interrupteurs SW3		
E2-E5 interrupteurs SW2		

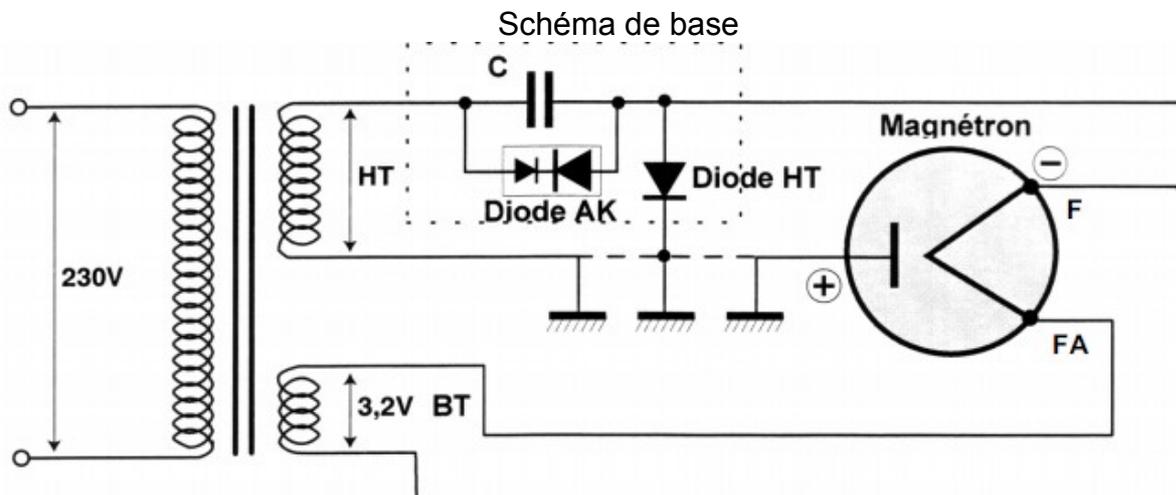


Une minuterie électronique ou électromécanique permet de sélectionner la durée de cuisson. Dans notre exemple, la minuterie mécanique commande le mini interrupteur appelé « CONTACT MINUTERIE ».

Un ventilateur permet de refroidir le magnétron et le transformateur, de renouveler l'air pour éviter la buée.

Un micro-moteur placé sous le plateau entraine ce dernier

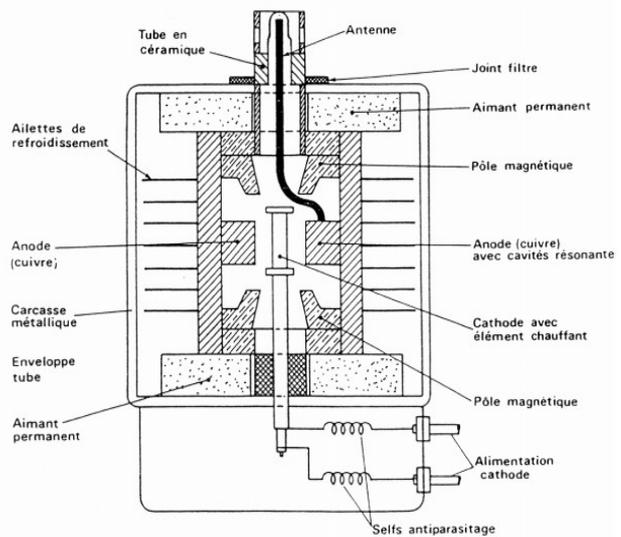
## 10 Etude de la haute tension



Le circuit de puissance est composé de:

- un transformateur à trois enroulements (230V / HT – BT). Le secondaire du transformateur délivre une tension de 2100 Volts nécessaire à la création du champ électrique. Il est constitué d'un nombre de spires très élevées.
- Un multiplicateur de tension transforme cette tension en une tension de 6000V. Un deuxième enroulement permet d'alimenter le filament du magnétron en très basse tension de 3,2 V mais avec un courant de l'ordre de 10 ampères.
- Une diode haute tension
- Un condensateur
- un magnétron (la pièce principale)

La cathode du magnétron est chauffée par le filament basse tension émet des électrons. La présence d'un champ magnétique permanent constitué par deux aimants incurve la trajectoire des électrons. Lorsque la haute tension atteint 4000V alors un courant anode cathode se crée et produit un champ électrique. L'interaction du champ magnétique et du champ électrique produit un faisceau d'électrons oscillants à une fréquence de 2450 Mhz. Ce faisceau est dirigé vers l'antenne pour être émis.

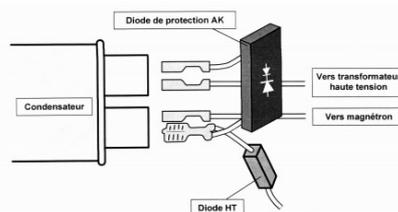


Diode haute tension

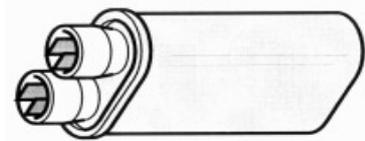


condensateur

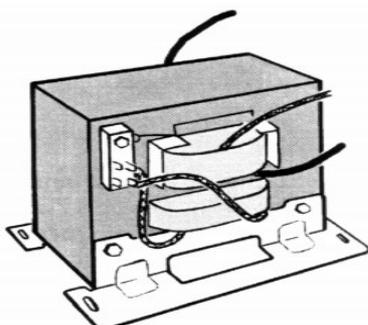
Branchement de la diode AK



Multiplicateur de tension

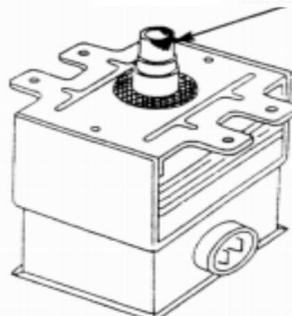


transformateur

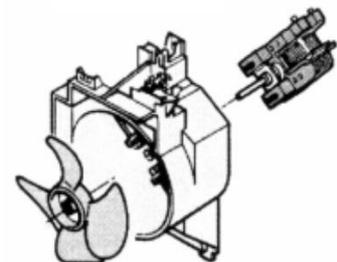


magnétron

antenne

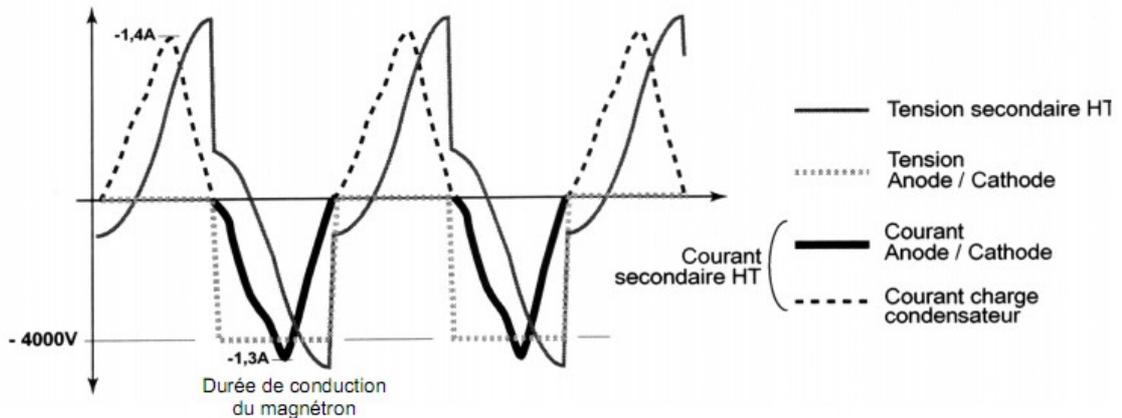


ventilateur



## 11 Relevés des tensions et courants

### Relevés des tensions et courants

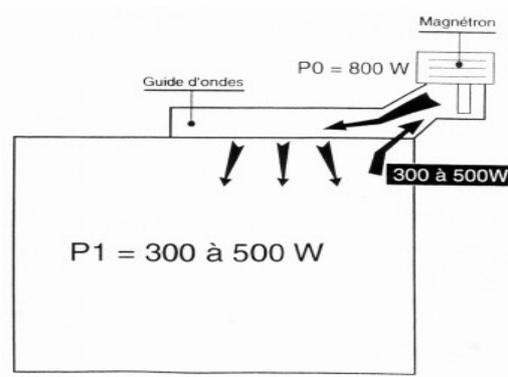


## 12 Mesure de la puissance restituée

Pour tous les fours micro-ondes, depuis la norme CEI 705.

### DESCRIPTIF DE LA NORME

- La température ambiante dans laquelle peut-être effectuée la mesure doit être de  $23^{\circ}\text{C}$  à  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .



- Température de l'eau mesurée.
  - La charge est constituée de 1000 grammes à  $\pm 5\text{ g}$  d'eau potable.
  - La température initiale de l'eau doit être de  $10^{\circ}\text{C}$  à  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .
  - La tension d'alimentation doit être égale à la valeur nominale 230V et 50 Hz pour la France

## PROCÉDURE DE LA MESURE

- Verser l'eau dans le récipient (1000 grammes à  $\pm 5$  g). Mesurer la température initiale de l'eau ( $10^{\circ}\text{C}$  à  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ).
- Mettre en route le four micro-ondes durant 1 minute et 3 secondes  
L'appui sur la touche départ, correspond au début du fonctionnement du magnétron.
- Lorsque le magnétron a fonctionné pendant la durée prévue, agiter l'eau pour égaliser la température à l'intérieur du récipient.
- La mesure de la température finale de l'eau peut alors être effectuée. La valeur de la puissance restituée est alors calculée à partir de la formule suivante:

$$\text{Puissance restituée} \Rightarrow P = \frac{Q}{t} = \frac{C_{\text{eau}} \cdot m \cdot (\theta_F - \theta_I)}{t} = \frac{4187 \cdot 1 \cdot (\theta_F - \theta_I)}{60} \approx 70 \cdot (\theta_F - \theta_I)$$

*P: puissance en watt (W)*

*Q: quantité d'énergie en joules (J)*

*t: temps en secondes (s)*

*C<sub>eau</sub>: capacité massique de l'eau en J/Kg •°C*

*m: masse en Kg*

*θ en degré Celcius*

