

Nom :

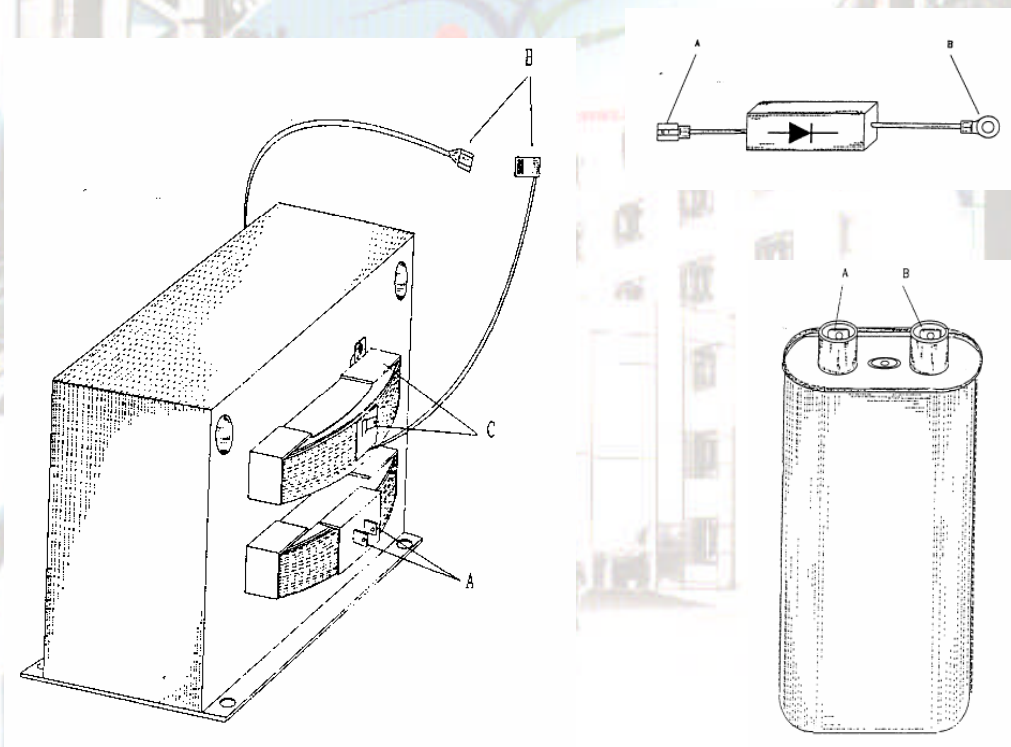
Prénom :

Micro-onde

Section Bac Pro

Système Electronique Numérique

Etude
Fonctionnelle et Structurelle



Sommaire

📁 1ère PARTIE : ETUDE FONCTIONNELLE	3
1/ Mise en situation de l'appareil	3
1.1/ Expression du besoin	3
1.2/ Mise en situation du système	3
1.2.1/ Présentation	3
1.2.2/ Les dangers du rayonnement électromagnétique	4
1.2.3/ Les dangers de la haute tension	6
1.2.4/ Diagramme sagittal	7
1.2.5/ Définition des relations	7
1.2.6/ Rôle des éléments	7
2/ Fonctionnement du système	8
2.1/ Structure algorithmique	8
2.2/ Algorigramme de fonctionnement	8
3/ Fonction d'usage	9
4/ Etude fonctionnelle	9
4.1/ Schéma fonctionnel de niveau 1	9
4.2/ Schéma fonctionnel de premier degré	10
4.3/ Description des différentes fonctions principales	10
📁 2ème PARTIE : ETUDE STRUCTURELLE	12
1/ Des rappels théoriques	12
2/ Les fours micro-onde	15
2.1/ Constitution	15
2.2/ Utilisation d'un four à micro-onde	15
2.3/ Les principaux composants	17
2.4/ Diffusion et répartition des ondes dans l'enceinte	19
2.5/ Les composants d'un circuit de puissance d'un four micro-onde	20
2.5.1/ Diffusion et répartition des ondes dans l'enceinte	20
2.5.2/ Le transformateur	20
2.5.3/ La diode haute tension	21
2.5.4/ Le condensateur	21
2.5.5/ La diode de protection AK	21
2.6/ La serrure de porte	21
2.7/ Test des composants	22
2.7.1/ Test des fusibles	22
2.7.2/ Test des sécurités de porte	22
2.7.3/ Test de la diode AK	22
2.7.4/ Test du transformateur	22
2.7.5/ Test du condensateur	23
2.7.6/ Test du magnétron	23
2.7.7/ Test de la diode HT	23

1/ MISE EN SITUATION DE L'APPAREIL

1.1/ Expression du besoin

Porter à température régulée un mets dans une enceinte close et calorifugée avec une diversité dans le mode de cuisson (rayonnement infrarouge et rayonnement électromagnétique) afin de le rendre consommable tout en optimisant le temps de cuisson.

1.2/ Mise en situation du système

1.2.1 Présentation

La petite histoire des micro-ondes : Le feu reste la première grande découverte de l'homme. Voilà maintenant des milliers d'années il apprenait à l'allumer, le conserver, le maîtriser ... et se distinguait encore davantage de l'animal en faisant cuire ses aliments. Depuis lors, nous avons toujours utilisé le même principe, mettant l'aliment en contact direct ou indirect avec une source de chaleur.

Au fil des ans et de l'évolution technique, du feu de bois à la résistance (électrique) chauffante, en passant par le charbon et le gaz, seule la source de chaleur se voyait modernisée. Ce n'est qu'au milieu du XX^e siècle que la cuisson elle-même s'est enrichie d'un principe entièrement nouveau engendrant la chaleur à l'intérieur même de l'aliment à cuire : la cuisson par les micro-ondes. Comme souvent cette découverte semble due au hasard : la petite histoire veut qu'en 1945 un physicien, le Dr PERCY SPENCER, absorbé par son travail de laboratoire, ait posé distraitemment son sandwich sur un dispositif émetteur d'ondes courtes, et l'ait retiré quelques minutes plus tard chaud à cœur !

L'idée a depuis fait son chemin. Les premiers appareils de cuisson à micro-ondes nés de cette découverte ont équipé des cuisines d'hôpitaux et des cantines militaires dès 1947. Aujourd'hui Plusieurs millions de foyers à travers le monde utilisent ce nouvel appareil.

On notera que les micro-ondes sont absorbées par les aliments. Leur action se produit à l'intérieur et non pas en surface comme en cuisson traditionnelle. Mais en pénétrant dans l'aliment, elles perdent peu à peu de leur puissance. Au delà de 2 centimètres, la cuisson se fait par conduction.

Le micro-ondes : L'enceinte de l'appareil est formée d'une cuve métallique appelée cavité, et d'une porte. Le *magnétron* ou générateur d'ondes ultracourtes est enfermé dans un carter accessible seulement aux techniciens. Le courant électrique alimente le magnétron qui émet des ondes électromagnétiques.

Le magnétron émet directement dans la cavité ou par l'intermédiaire d'une transition ou d'un guide d'ondes. Dans certains modèles un brasseur d'ondes participe à la répartition de l'énergie électromagnétique. Dans d'autres modèles un plateau tournant permet également cette répartition. A l'extérieur, les commandes se composent d'une touche de mise en marche, d'une minuterie et d'un dispositif de sélection de la puissance désirée.

Que sont les micro-ondes ? Il faut d'abord noter que les micro-ondes existent dans la nature, le soleil en émet ... Les micro-ondes font partie du spectre électromagnétique qui comprend parmi les ondes les plus connues : les ondes radioélectriques (radio, T.V.), les rayonnements infrarouges, la lumière visible, les rayonnements ultraviolets.

Toutes les ondes électromagnétiques se caractérisent notamment par leur fréquence exprimée en hertz. Il s'agit du nombre d'oscillations ou de cycles par unité de temps. La fréquence des micro-ondes utilisées dans le domaine domestique est de 2450 Mhz.

Pourquoi les micro-ondes chauffent-elles ? Les aliments sont composés de molécules d'eau et de divers autres composants (sels minéraux, corps gras, sucres, etc...) et chaque parcelle de légumes, de viande, de poisson, de fruit, renferme des millions de molécules d'eau. Exposées à une émission de micro-ondes, ces molécules vont s'orienter dans le sens des ondes. Or, nous venons de le voir celles-ci oscillent à la vitesse de 2 milliards 450 millions de fois par seconde. Il s'ensuit instantanément une très forte agitation des molécules d'où, par frottement, un échauffement considérable et rapide, dans la masse même de l'aliment. Il est à souligner toutefois que ni l'enceinte (ou toute autre partie de l'appareil), ni l'aliment, n'accumule d'énergie électromagnétique.

Les matériaux : Les micro-ondes provoquent une élévation de température dans la masse même de l'aliment. Rien ne doit donc gêner leur progression vers celui-ci. Or, si certains matériaux laissent la voie libre aux ondes, d'autres au contraire leur font obstacle. Les premiers sont "transparents" aux ondes et les laissent passer comme une simple vitre laisse passer la lumière. Les seconds sont "réfléchissants" - ils arrêtent les ondes et les renvoient vers les parois de l'appareil, risquant ainsi de l'endommager. De plus en stoppant les ondes, ils empêchent les aliments de cuire. Les troisièmes sont "Absorbants" comme les aliments, ils diminuent la puissance des ondes réservées à l'aliment à cuire, d'où une élévation de température du récipient et un risque de se brûler, en le prenant, et une déperdition importante d'énergie pour l'aliment.

De préférence, on choisira donc sa "batterie" micro-ondes dans la première catégorie. Les matériaux transparents par excellence sont les verres, verres à feu, vitrifiés, la vitrocéramique (Pyrex, Arcopal, Vision ...). Ils résistent aux températures élevées comme aux basses (on peut ainsi congeler, décongeler et cuire dans le même récipient). Ils ne s'échauffent peu et se lavent facilement en lave-vaisselle. Les matériaux réfléchissants types sont les métaux. On ne les utilisera donc jamais. Pas de casserole, de cocotte, de moule métallique, pas de barquettes ni de papier aluminium, pas d'ustensiles non plus comportant des décors métalliques filets ou motifs argentés, dorures ...

1.2.2/ Les dangers du rayonnement électromagnétique

Ils sont inexistant dans les conditions normales de fonctionnement.

- La porte et la cavité sont étanches et conçues de manière à bloquer les ondes électromagnétiques à l'intérieur du four.
- Une déformation de la porte entraîne la rupture du contacteur électrique, dès lors tout est coupé et l'appareil ne fonctionne plus.
- Le rayonnement électromagnétique décroît avec le carré de la distance.
- Les réparateurs spécialisés en micro-ondes sont équipés de détecteur de fuites et doivent, à chaque intervention sur l'appareil, contrôler l'étanchéité aux fuites micro-ondes.

La fréquence :

La fréquence indique le nombre des oscillations (ou périodes) par seconde d'un signal électrique et des ondes électromagnétiques.

Unités usuelles :

le hertz	⇒	Hz	⇒	1 période par seconde
le kilohertz	⇒	kHz	⇒	10^3 Hz
le mégahertz	⇒	MHz	⇒	10^6 Hz
le gigahertz	⇒	GHz	⇒	10^9 Hz
le térahertz	⇒	THz	⇒	10^{12} Hz

Classification des bandes de fréquence :

3 à 30 kHz	⇒	VLF	très basse fréquence	⇒	téléphone
30 à 300 kHz	⇒	LF	basse fréquence	⇒	ultrasons
300 à 3000 kHz	⇒	MF	modulation de fréquence	⇒	radio
3 à 30 MHz	⇒	HF	haute fréquence	⇒	radio, transmission
30 à 300 MHz	⇒	VHF	très haute fréquence	⇒	TV, transmission
300 3000 MHz	⇒	UHF	ultra haute fréquence	⇒	TV, radar, micro-ondes
3 à 30 GHz	⇒	SHF	super haute fréquence	⇒	satellites

La fréquence d'émission des micro-ondes dans la bande UHF a été fixée par une réglementation internationale. Pour éviter toute perturbation des émissions hertziennes, télécommunications ou radio, la fréquence des fours micro-ondes doit être comprise entre **2400 MHz** et **2500 MHz**.

Longueur d'onde

Quelle que soit la fréquence, toutes les ondes électromagnétiques se propagent à la vitesse de la lumière, qui est de **300 000 km/s**.

La longueur d'onde est la distance parcourue par une onde pendant une période

Soit pour le four micro-ondes :

Longueur d'onde = Vitesse de la lumière (km/s) / fréquence (Hz)

donc

Longueur d'onde $\lambda = 300\ 000 / 2\ 450\ 000\ 000 = 0.0001224\ km = 12.24\ cm$

Spectre du rayonnement électromagnétique

Selon les fréquences utilisées, le spectre est partagé entre rayonnement ionisant et non-ionisant. Les micro-ondes font partie des rayonnements non ionisants. Par conséquent, il n'y a aucun effet radioactif, pas plus sur les denrées introduites dans le four que sur les personnes accidentellement exposées aux rayonnements. Les phénomènes radioactifs des rayonnements ionisants sont émis à des fréquences bien plus élevées. Cependant, les personnes incidemment exposées aux micro-ondes pourraient ressentir un banal effet d'échauffement localisé. En tout état de cause, et quelle que soit la puissance d'émission, la température engendrée ne pourrait dépasser 100°C.

Réglementation

En France, comme dans beaucoup de pays, la norme tolère des rayonnements par fuite, à l'extérieur d'un four, d'une puissance de :

5 mW/cm² maximum à 5 cm de distance

Il faut savoir que la majorité des fours fabriqués ne comportent aucune fuite. Dans l'éventualité de celle-ci, il est très rare qu'elle soit supérieure à 1.5 mW/cm². Ce qui est plus que

négligeable quand on sait que la limite maximum de densité de puissance du corps humain entier est de 100 mW/cm^2 pour 24 heures d'exposition.

Sécurités

Pour garantir un fonctionnement sans risques, les fours micro-ondes disposent de plusieurs dispositifs de sécurité :

- *Impossibilité de faire fonctionner le four si la porte est ouverte.*
- *Le fait d'ouvrir la porte du four pendant le fonctionnement coupe l'alimentation.*

Pour éviter les fuites, la porte est dotée de plusieurs protections :

- *Un filtre de barrage selfique.*
- *Une grille qui forme une cage de Faraday avec l'enceinte du four.*
- *Un joint en caoutchouc ferrite qui agit en absorbeur dissipateur d'énergie résiduelle.*

Sur certains modèles, la décharge du condensateur haute tension est assurée par une résistance de $10 \text{ M}\Omega$ câblée en parallèle sur la diode ou incorporée au condensateur.

Le magnétron est protégé contre des températures excessives par *un limiteur thermique*.

1.2.3/ Les dangers de la haute tension

Pour *l'utilisateur*, ils sont inexistantes si celui-ci ne démonte pas le capot de son appareil.

Pour *le réparateur*, ils sont réels. C'est pourquoi des précautions sont à prendre lorsque l'on intervient sur un appareil :

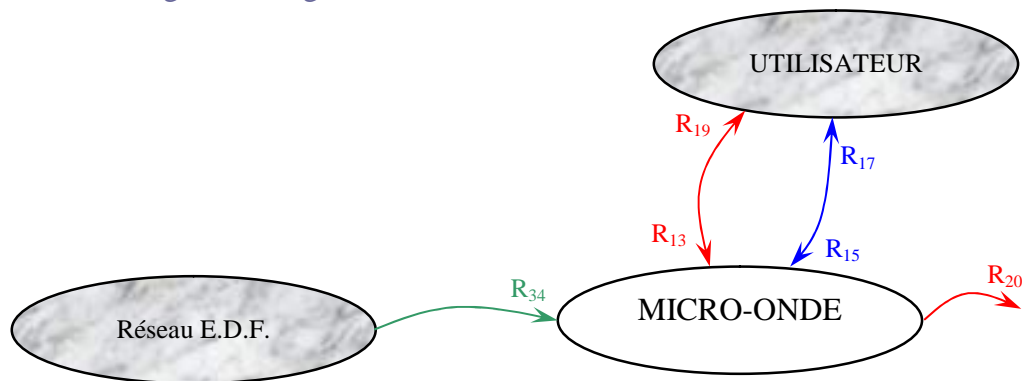
- *Tapis isolant*
- *Gants isolants*
- *Décharge du condensateur haute tension...*



**IL EST ABSOLUMENT INTERDIT
DE TRAVAILLER SOUS TENSION LORSQUE LE
CAPOT DE PROTECTION EST DEMONTE**



1.2.4/ Diagramme sagittal



1.2.5/ Définition des relations

R₁₃ : Mets froid prêt pour le four

R₁₇ : Consigne de l'état de fonctionnement du four

R₃₄ : Energie électrique

R₁₅ : Consigne de fonctionnement du four

R₁₉ : Mets prêt à la consommation

R₂₀ : Air malsain

1.2.6/ Rôle des éléments

➤ Rôle de l'utilisateur

Sélectionner, contrôler, le mode de fonctionnement du micro-onde.

Introduire ou retirer le mets du four.

Effectuer les opérations courantes d'entretien (nettoyage, dégivrage) des différents objets techniques.

➤ Rôle du micro-onde

Porter à température régulée un mets dans une enceinte close et calorifugée avec une diversité dans le mode de cuisson (rayonnement infrarouge ou électromagnétique) afin de le rendre consommable tout en optimisant le temps de cuisson.

➤ Rôle du réseau E.D.F.

Alimenter en énergie électrique le micro-onde afin de permettre aux structures à technologies électriques (électroniques et électrotechniques) de réaliser leurs fonctions.

2/ FONCTIONNEMENT DU SYSTEME

2.1/ Structure algorithmique

☞ *Mise en place d'un mets*

L'utilisateur place un mets froid ou congelé dans le micro-onde. Le plat sélectionné doit prendre en compte le système de répartition des ondes propre au micro-onde utilisé (brasseur d'ondes, antenne tournante, plateau tournant). Il ferme ensuite la porte.

☞ *Préparation du four micro-ondes*

L'utilisateur choisit :

- ♦ le type de cuisson le mieux adapté pour le met (décongélation, réchauffage, cuisson enchaînée)

- ♦ la puissance
- ♦ le temps de cuisson

Ensuite il met en service le micro-onde.

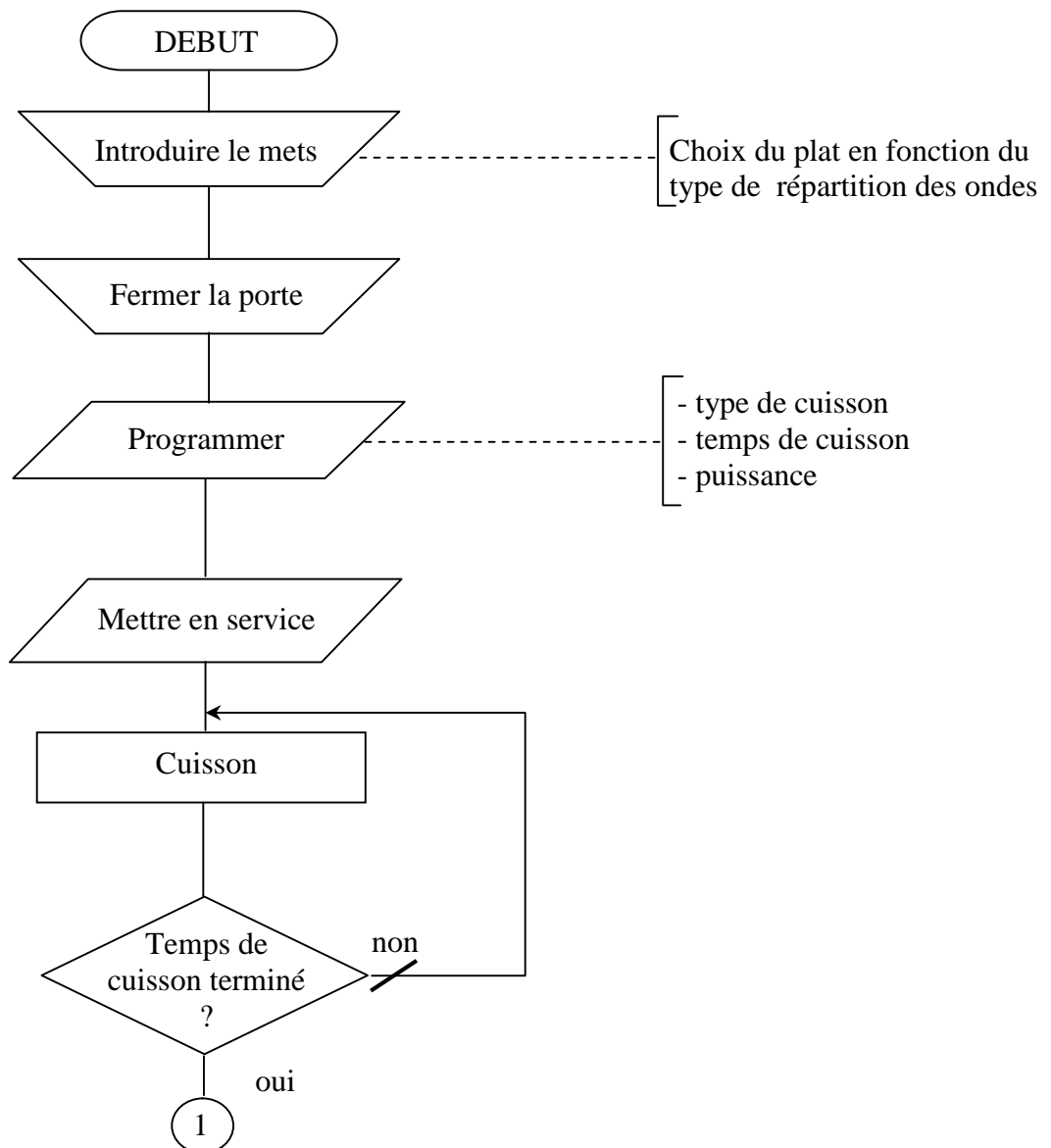
☞ *Cuisson du mets*

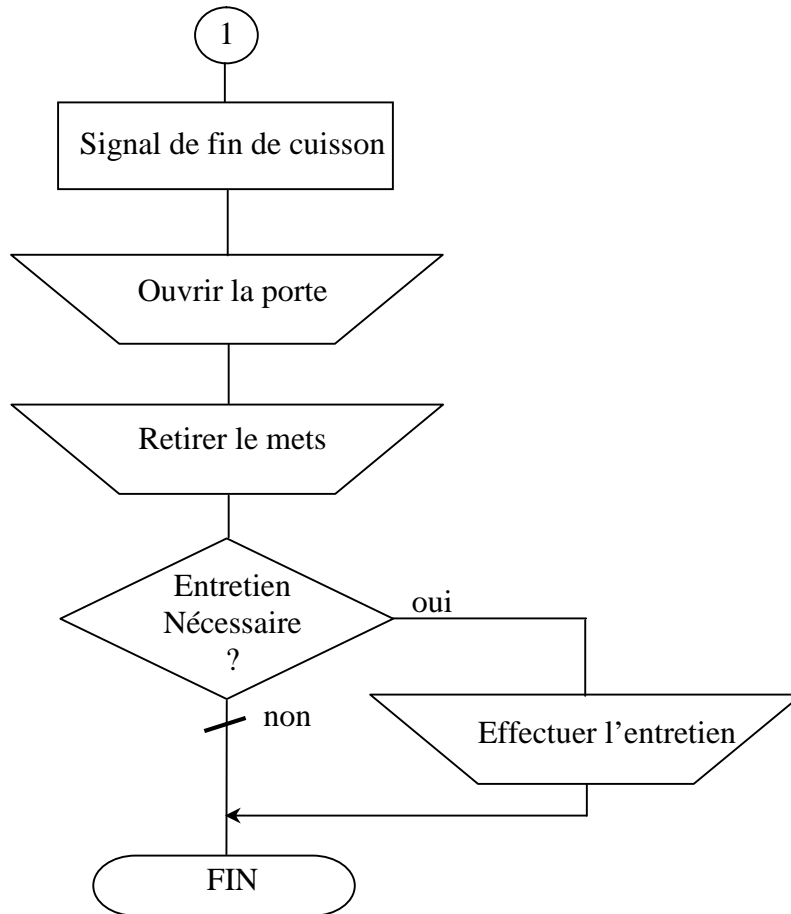
Les millions de molécules d'eau qui composent les aliments sont exposés à une émission de micro-ondes. Ces molécules d'eau vont s'orienter dans le sens des ondes. Comme nous l'avons vu précédemment, ces ondes oscillent à la vitesse de 2 milliards 450 millions de fois par seconde. Il s'ensuit instantanément une très forte agitation des molécules d'où, par frottement, un échauffement considérable et rapide, dans la masse même de l'aliment

☞ *Retrait du mets*

La fin de la cuisson est signalée à l'utilisateur par une sonnerie. Il ouvre la porte, retire le mets et si nécessaire, il effectue les opérations courantes d'entretien.

2.2/ Algorithme de fonctionnement





3/ FONCTION D'USAGE

État initial : mets froid ou congelé

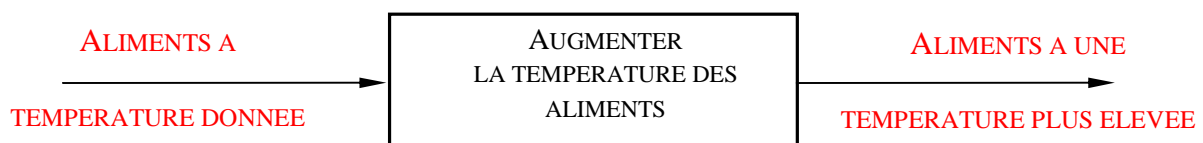
État final : mets prêt à la consommation

Expression de la fonction d'usage : Augmenter la température des aliments afin de les rendre consommables. Cette élévation de température est obtenue par la mise en mouvement des molécules d'eau présente dans les aliments. La mise en mouvement des molécules d'eau est provoquée par un champ électrique.

4/ ETUDE FONCTIONNELLE

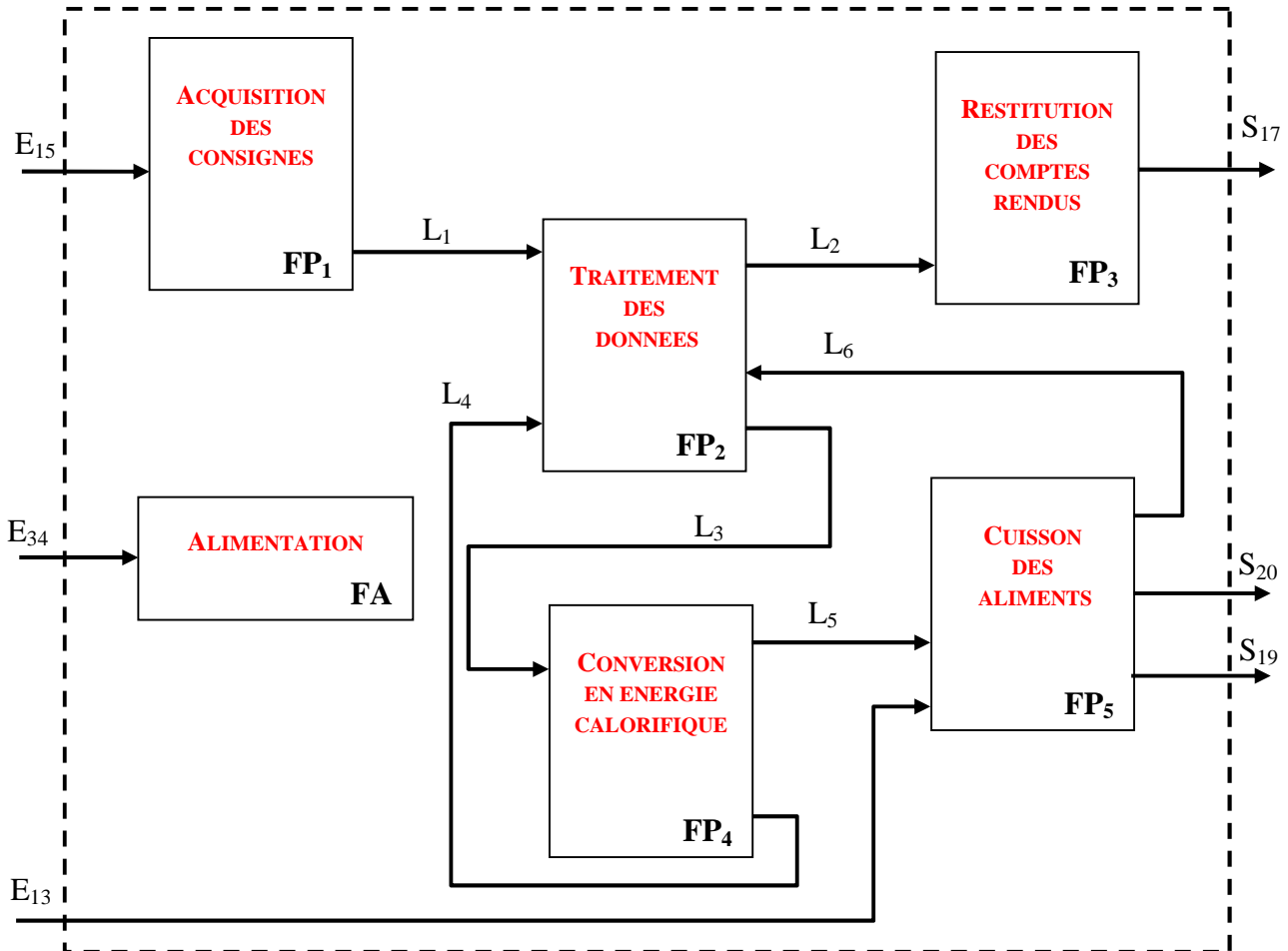
4.1/ Schéma fonctionnel de niveau I

Le four à micro-ondes appartient à la famille d'objets techniques satisfaisant le besoin humain d'élever la température des aliments.



Pour effectuer l'élévation de température des aliments qui lui sont confiés, le four à micro-ondes transforme de l'énergie électrique, fournie par le réseau EDF, en une énergie calorifique (grill) ou une énergie électromagnétique (micro-ondes), régulée en puissance, afin de leur faire subir le traitement désiré.

4.2/ Schéma fonctionnel de premier degré



4.3/ Description des différentes fonctions principales

☞ FP₁ : ACQUISITION DES CONSIGNES

Rôle : Acquérir les consignes de fonctionnement du four à micro-ondes.

Entrée : ☉ E₁₅ : Consignes de fonctionnement saisies par l'utilisateur.

Sortie : ☉ L₁ : signal électrique représentatif de la consigne de fonctionnement de l'utilisateur.

☞ FP₂ : TRAITEMENT DES DONNEES

Rôle : Cette fonction gère l'ensemble du fonctionnement du four.

Entrées : ☉ L₁ : signal électrique représentatif des consignes de fonctionnement saisies par l'utilisateur.

☉ L₄ : signal électrique représentatif de la température de fonctionnement.

☉ L₆ : signal électrique représentatif de la position de la porte

Sorties : ☉ L₂ : signal électrique représentatif de l'état de fonctionnement du four permettant à la fonction FP₃ de fournir des informations visuelles à l'utilisateur.

☉ L₃ : signal électrique permettant à la fonction FP₄ de lancer un cycle de cuisson.

☞ **FP₃ : RESTITUTION DES COMPTES RENDUS**

Rôle : Cette fonction informe l'utilisateur de l'état de fonctionnement du four par des informations visuelles.

Entrée : ☉ L₂ : signal électrique représentatif de l'état de fonctionnement du four.

Sortie : ☉ E₁₇ : Compte rendu de l'état de fonctionnement du four.

☞ **FP₄ : CONVERSION EN ENERGIE CALORIFIQUE**

Rôle : Cette fonction permet la conversion de l'énergie électrique en énergie calorifique permettant la cuisson.

Entrée : ☉ L₃ : signal électrique.

Sorties : ☉ L₄ : signal électrique représentatif de la température de fonctionnement.
☉ L₅ : rayonnement électromagnétique ou rayonnement infrarouge

☞ **FP₅ : CUISSON DES ALIMENTS**

Rôle : Cette fonction permet cuire un mets (enceinte close et calorifugée) grâce aux différents rayonnements

Entrée : ☉ L₅ : rayonnements

Sorties : ☉ S₂₀ : air malsain
☉ S₁₉ : mets prêt à la consommation
☉ L₆ : signal électrique représentatif de la position de la porte

☞ **FA : ALIMENTATION**

Rôle : Cette fonction permet d'obtenir différentes tensions d'alimentation des cartes électroniques composant le four micro-ondes.

Entrée : ☉ E₃₄ : signal électrique 230V / 50Hz (Réseau EDF).

Remarque : Les sorties de cette fonction ne sont pas repérées mais elles sont implicites. En effet cette fonction alimente en énergie électrique toutes les autres fonctions hormis FP₅.

1/ DES RAPPELS THEORIQUES

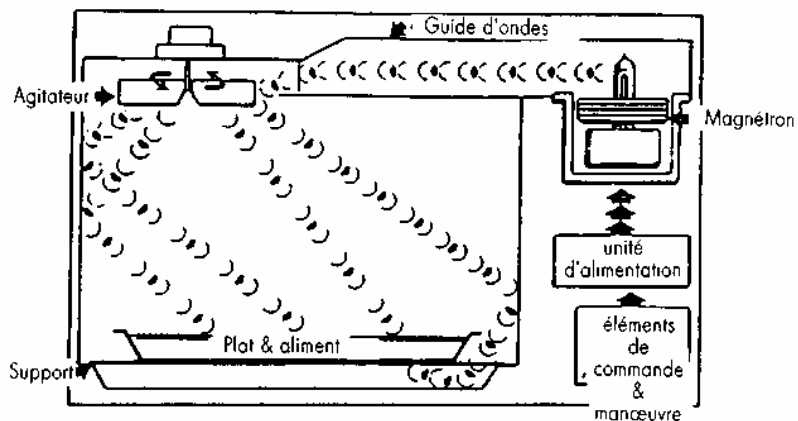
Ce n'est pas à priori une innovation, les enceintes micro-ondes ont fait leur apparition à la fin des années cinquante aux États-Unis. Ce n'est qu'en 1978 que les premiers modèles ont été importés en France, et les ventes atteignaient en 1989, 1 150 000 unités. Le taux d'équipement des ménages français est supérieur à 20 %, c'est à dire le même que les foyers américains en 1980 ! L'enceinte micro-ondes n'est donc pas à ranger au rayon des nouveautés..., mais il n'est peut être pas inutile d'en rappeler les principes de base, ainsi que les modes d'utilisation, car trop de possesseurs leur demandent les mêmes services qu'un four traditionnel.

L'énergie micro-ondes : L'utilisation des micro-ondes n'est pas nouvelle. Les radars ou les émetteurs de télévision par exemple utilisent cette forme d'énergie. Les micro-ondes sont caractérisées par une fréquence très élevée 2 450 Mhz. Elles sont réfléchies par des métaux, traversent certains matériaux (verre, porcelaine, terre cuite...), et sont absorbées par les molécules des graisses, des sucres, et surtout de l'eau présente dans une proportion de 60 à 95 % dans les aliments. C'est cette dernière propriété qui est mise en œuvre dans l'application domestique des fours à micro-ondes.

Comment agissent les micro-ondes :

Les micro-ondes sont produites dans un tube, le magnétron, sous l'action conjuguée de champs électriques et magnétiques. Compte tenu de leur fréquence, les micro-ondes vont faire vibrer les molécules des corps qui les absorbent (eau, sucre, graisse), à la cadence de 2 450 millions de fois par seconde. Ces innombrables vibrations vont générer des frictions entre les molécules, d'où un échauffement rapide. Dans une enceinte (ou four) à micro-

Schéma de principe d'une enceinte à micro-ondes



ondes, c'est donc dans l'aliment que se produit la chaleur pour le cuire ou pour le réchauffer. Ce mode de cuisson est donc très différent de celui d'un four classique où la chaleur produite par une source chauffe tout ce qui est dans le four : enceinte, plat, aliment.

Les avantages : La conséquence immédiate de ce mode de cuisson est un gain de temps et une économie d'énergie non négligeable (pas de préchauffage de l'enceinte, puissance réduite). La deuxième conséquence est qu'il n'est pas nécessaire d'apporter de la matière grasse pour cuire l'aliment. La troisième conséquence est que les aliments peuvent cuire dans les plats de service (économie de vaisselle), qui restent froids, choisis dans les matériaux adaptés (verre, porcelaine, terre cuite, plastique ...), transparents aux micro-ondes.

Et ... *les inconvénients* : La contre partie de tous ces avantages tient en un seul inconvénient : Les mets ne gratinent ou ne grillent pas. L'apparence d'un poulet cuit au micro-onde n'est pas celle du poulet rôti traditionnel. Pour palier à cette absence de coloration, on utilise des fours multifonctions qui peuvent combiner la cuisson micro-ondes, le grilloir (ou brunissoir), et/ou la chaleur tournante. A noter que les plats brunisseurs qui remplissaient ce rôle ont presque disparus au profit du four à grilloir. Il faut également signaler que certaines précautions doivent être prises pour la cuisson d'aliment comme le riz. Par ailleurs, les pâtes à gâteaux ne cuisent pas correctement au micro-onde, les pâtes sablés, brisées ou feuilletées préfèrent encore les fours traditionnels. Les viandes rouges ne seront jamais rouges compte tenu que la cuisson s'effectue à l'intérieur.

Comment choisir une enceinte micro-ondes : Ce choix est d'abord fonction de l'utilisation ; pour réchauffer les aliments, pour décongeler rapidement, pour cuire, pour maintenir au chaud et mijoter. Le deuxième élément de choix est le type de four. Il existe sur le marché deux types de four. Ceux dont la fonction principale est le mode de cuisson aux micro-ondes avec ou sans fonctions secondaires (grill, chaleur tournante...) et les fours de grande capacité, combinés ou multifonctions, auxquels on a apporté une fonction micro-ondes. Ils permettent la cuisson traditionnelle, et disposent des avantages liés au micro-onde. Les **fours mono fonction**, micro-ondes seules, sont utiles pour réchauffer et décongeler. Éventuellement pour cuire des préparations simples (potages, légumes, poissons). Ils peuvent aussi cuire les viandes grâce au plat brunisseur. Les **fours multifonctions, micro-ondes + grill** (ou brunissoir), sont rarement destinés à une utilisation autonome comme une grillade traditionnelle par exemple. Le grill remplace le plat brunisseur pour dorer ou gratiner les aliments en fin de cuisson. Ils ne remplacent pas le four traditionnel. Les **fours multifonctions, micro-ondes + grill + convection naturelle** (ou chaleur tournante), sont utilisés pour réaliser certaines préparations traditionnelles dans des fours de capacité égale ou supérieure à 25 litres avec des parois inox. Ils permettent un gain de place appréciable. Ils peuvent être à poser ou encastrés.

Quel mode de cuisson ? Elle peut être enchaînée ; décongélation + cuisson, automatiquement ou non. Pour les fours multifonctions, elle peut être simultanée, par exemple micro-ondes puis chaleur tournante (limite la consommation d'énergie) ou micro-ondes et chaleur tournante en même temps (permet de cuire plusieurs plats).

Conseils pratiques : le choix des récipients. Le récipient n'a plus à transmettre la chaleur, c'est tout simplement un contenant où l'on dépose le mets à chauffer, et qui doit résister aux températures de cuisson. Encore mieux, les plats qui résistent aussi à la congélation, ce qui permet de passer des préparations cuisinées directement du congélateur au micro-onde. Une autre caractéristique essentielle pour qu'un plat convienne est son comportement vis à vis des micro-ondes elles-mêmes. Comme nous l'avons vu précédemment, ils existent trois types de matériaux. Les **matériaux réfléchissants** sont à proscrire, car les ondes ne peuvent les traverser. Elles sont envoyées sans pouvoir atteindre l'aliment et peuvent détériorer l'appareil. C'est le cas du métal, de l'aluminium notamment. (D'où, l'impossibilité de réchauffer aux micro-ondes le contenu des barquettes d'aluminium). Les **matériaux absorbants** les micro-ondes, comme c'est le cas de certaines poteries, faïence par exemple, sont utilisés pour conditionner le fond des plats brunisseurs. Les **matériaux transparents** laissent passer les micro-ondes sans les absorber et sans les réfléchir. C'est le cas du verre, de la porcelaine, de certaines matières plastiques, du papier, du carton et de la plupart des céramiques. Les récipients transparents sont bien sûr les seuls qui conviennent au micro-onde, avec les plats brunisseurs pour le dorage.

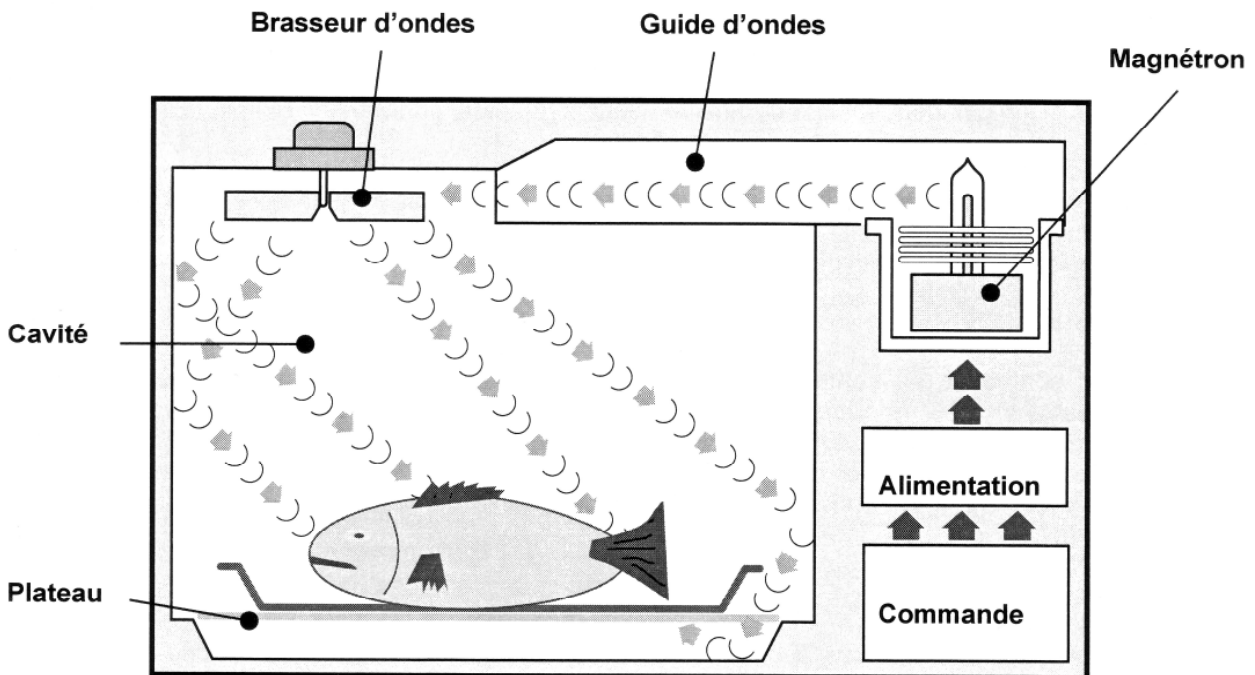
Obtenez une utilisation optimale de son micro-ondes : En fait, tout le monde possède chez soi des plats qui peuvent convenir. Pour s'en assurer, il suffit de placer le récipient à côté d'un verre d'eau pour éviter le fonctionnement à vide. Si après une minute de fonctionnement à puissance maximale, le récipient reste froid, c'est qu'il est transparent, donc convient parfaitement. S'il est trop chaud pour être saisi à main nue, il est absorbant et son emploi est déconseillé. Il faut aussi faire très attention aux décors céramiques. Les dorures risquent de se dégrader. La forme des plats, compte aussi. L'idéal est un plat circulaire ou annulaire comme un moule à savarin, la partie centrale de la sole étant toujours défavorisée dans la répartition des ondes, surtout si le plat est de grande dimension. Les récipients peu profonds, à fond incurvé et à bords verticaux sont les meilleurs, surtout s'ils sont ajustés aux aliments à cuire. Il vaut d'ailleurs mieux choisir plusieurs petits plats plutôt qu'un grand. En cas d'utilisation de récipient en matière plastique, il faut s'assurer que la matière résiste à la chaleur (160° C environ), sinon elle se déformera. **Attention** : Le cristal contient du plomb et risque de se fendre ; le bois n'est pas indiqué, car contenant de l'eau, il risque de se dessécher et de se fissurer. On a intérêt à préférer des récipients avec couvercle pour accélérer le processus de cuisson, empêcher le dessèchement des aliments, conserver leur arôme et pour éviter les projections sur les parois de l'enceinte. On peut aussi couvrir avec une assiette ou un film plastique. Dans ce dernier cas, la feuille plastique ne doit pas toucher les aliments, et demande à être percée en fin de cuisson, afin de permettre à la vapeur d'eau de s'évacuer. **Attention** : Lorsque les parois sont sales, elles réfléchissent moins bien les micro-ondes, et celles-ci sont plus mal réparties. L'enceinte à micro-ondes est d'un entretien facile, puisqu'elle chauffe peu. Le compartiment cuisson comme la carrosserie se lave avec un détergent doux, jamais avec une poudre abrasive. Les joints des portes doivent toujours être très propres car ce sont des pièces essentielles qui assurent l'étanchéité aux fuites des micro-ondes. Il faut les débarrasser soigneusement de toutes les miettes, car un simple fragment collé peut créer une fuite. Il est aussi nécessaire de bien placer les aliments en évitant les grosses quantités et en préférant les aliments minces et fragmentés. Il est aussi conseillé de surélever les pièces à rôtir à l'aide d'une grille spéciale ou d'une assiette renversée. **Attention** : Il ne faut jamais faire fonctionner l'enceinte à vide. En effet les ondes ne peuvent être absorbées par rien, elles ne rencontrent que la surface métallique de l'intérieur de l'enceinte, et en se réfléchissant, risquent de revenir au magnétron et de le détériorer.

La sécurité : *Les micro-ondes elles-mêmes sont dangereuses.* Elles peuvent brûler les tissus vivants exactement comme elles brûlent les aliments, puisque notre corps est composé de 80% d'eau. Mais le four à micro-ondes, lui, n'est pas dangereux parce que les ondes ne peuvent pas s'échapper, grâce aux sécurités imposées par la norme (NFC 73-601) en vigueur depuis le 1er janvier 1981. Celle-ci est si rigoureuse que pendant une soirée passer à regarder la télévision, on a absorbé plus de rayonnement qu'en utilisant pendant huit heures d'affilée une enceinte à micro-ondes. Ce qui ne risque pas d'arriver, même au meilleur des cordons bleus. A l'inverse, on peut même assurer que les micro-ondes sont sources de sécurité. Les risques de brûlure sont éliminés. Il n'existe plus de risque de brûlure parce qu'on a oublié d'éteindre le brûleur ou la résistance électrique. Le temps de fonctionnement est toujours programmé par un minuteur qui arrête le fonctionnement en fin de cuisson. Enfin le récipient ne devient jamais plus chaud que le récipient qu'il contient.

2/ LES FOURS MICRO-ONDES

2.1/ Constitution

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 ou un plateau tournant participe à la meilleure répartition des ondes sur les aliments. Les micro-ondes sont absorbées par les aliments, mais en pénétrant, elles perdent peu à peu de leur puissance. Au-delà de deux à trois centimètres la cuisson se fait par conduction.



2.2/ Utilisation d'un four à micro-ondes

🔥 *Pour éviter de détériorer l'appareil, veiller à ne jamais le faire fonctionner à vide.*

➤ **Récipients**

Ne pas utiliser les récipients métalliques ou cerclés de métal, le papier aluminium, les assiettes avec des filets dorés ou argentés, les verres en cristal (ils contiennent du plomb).

Les accessoires métalliques (grilles, broches à rôtir) livrés avec les micro-ondes sont isolés des parois de la cavité par des supports plastiques ou en porcelaine. Leur forme et dimension sont calculées pour ne pas gêner la propagation normale des ondes, ni de provoquer des phénomènes d'arc électrique.

Utiliser des récipients ronds ou ovales, en porcelaines, faïence ou verre à feu, certains plastiques spécialement étudiés pour les micro-ondes.

Le plus souvent possible, couvrir l'aliment avec une assiette, le couvercle du plat, du papier sulfurisé ou un film étirable piqué avant cuisson afin d'éviter les projections.

NOTA : Il est déconseillé d'utiliser les poteries, grès et terre cuites qui sont poreux et qui, chargés d'humidité, absorbent les ondes et s'échauffent.

Pour vérifier que le récipient peut être utilisé dans un four micro-ondes, le mettre dans l'appareil avec un verre d'eau placé à côté. Après deux minutes en programmation cuisson, il doit être à peine tiède.

➤ Programmes

Décongélation	<ul style="list-style-type: none">♦ Pour mettre à température les surgelés cuits et les légumes surgelés
Maintien	<ul style="list-style-type: none">♦ Pour maintenir ou mettre à température du beurre, de la crème, du vin, de la glace, etc....
Cuisson très douce	<ul style="list-style-type: none">♦ Pour terminer les cuissons fragiles ou cuire très lentement.♦ Pour décongeler des aliments fragiles (beurre, crème).
Mijotage	<ul style="list-style-type: none">♦ Pour terminer les cuissons démarrées en cuisson forte tels que haricots, lentilles, laitages♦ Pour décongeler de grosses pièces de viande.
Cuisson douce	<ul style="list-style-type: none">♦ 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.
Cuisson forte	<ul style="list-style-type: none">♦ 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.

➤ Durée de cuisson

Différents éléments peuvent la faire varier

- ♦ La température de l'aliment (réfrigéré, congelé, à température ambiante)
- ♦ Le volume, l'épaisseur, la quantité, la texture.
- ♦ La taille et la matière du récipient utilisé.

Des durées trop longues peuvent dessécher l'aliment et le carboniser. Afin d'éviter de tels incidents, il est conseillé de programmer les temps indiqués, de vérifier la cuisson puis, si nécessaire, d'ajouter un peu de temps.

Respecter un temps de repos en fin de programme pour permettre à la chaleur de bien se répartir dans l'aliment.

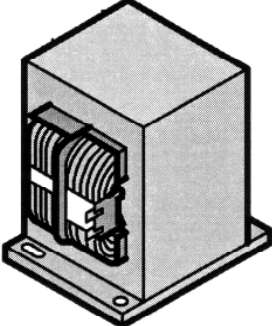
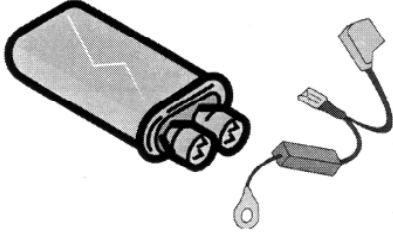
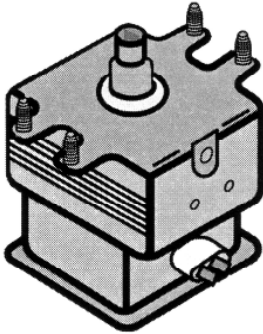

➤ Options spécifiques

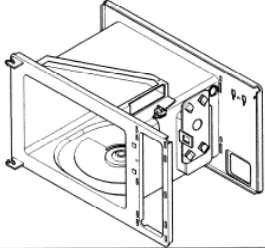
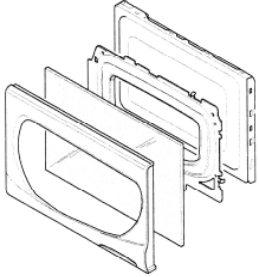
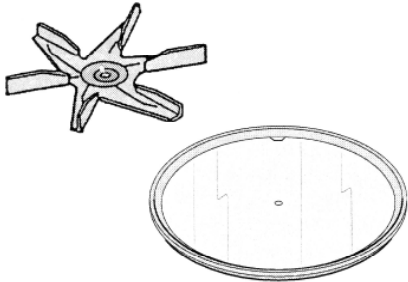
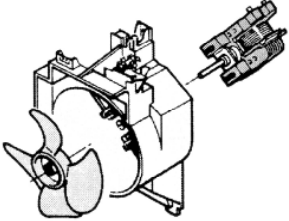
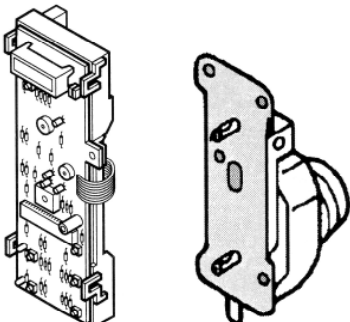
Il existe des options classiques comme le grill, l'arrêt plateau ou le temps de cuisson.

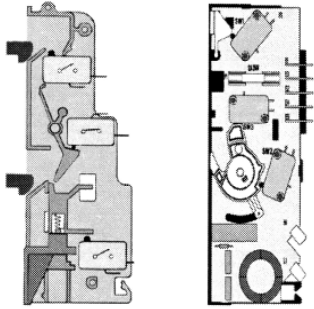
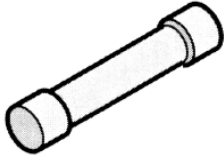
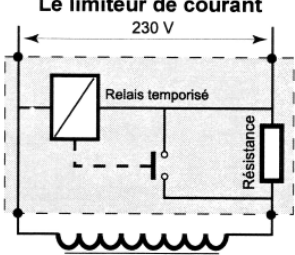
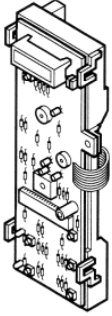
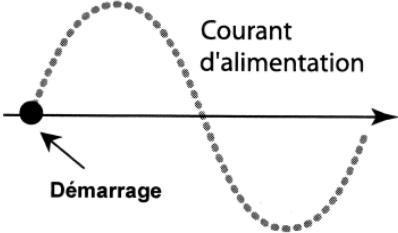
Le développement des commandes électroniques a permis l'émergence d'une grande diversité d'options de cuisson.

- ♦ Sélection par familles d'aliments.
- ♦ Sélection par le poids de la denrée.
- ♦ Auto programme calculant automatiquement la fin de cuisson.
- ♦ Régulation de la puissance du grill.

2.3/ Les principaux composants

Désignation	Fonction	Caractéristiques
<p>Transformateur HT</p> 	<p>Le transformateur permet l'alimentation haute tension du circuit secondaire sur la cathode du magnétron ainsi que la basse tension sur le chauffage filament.</p> <p>Une tension de 230V~ est délivrée à l'enroulement primaire du transformateur haute tension.</p> <p><u>Deux tensions sont alors générées :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 3,2V~ en BT qui appliqués aux bornes du magnétron assure le chauffage du filament. • 2100V~ en HT qui sont appliqués au doubleur de tension et au magnétron. Une extrémité de cet enroulement et l'anode du magnétron sont reliées à la masse du four. 	<p>3 enroulements</p> <p>Primaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 220/240V~ • 5A • 2,Ω <p>Secondaire haute tension :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2100V~ • 2 A • 80 à 160Ω <p>Secondaire Basse tension :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3,2V~ • 0,2Ω
<p>Doubleur de tension Condensateur et diode</p> 	<p>Le doubleur de tension transforme la tension de 2100V~ en tension négative pulsée d'environ 4000V~.</p> <p>Il est constitué de deux éléments :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un condensateur qui emmagasine l'énergie électrique durant ½ période. La décharge est assurée par une résistance de 10MΩ cablée en parallèle sur la diode ou incorporée au condensateur. • Une diode qui associée au condensateur permet de convertir la Haute Tension alternative en tension négative. Elle est montée en inverse du courant anodique du magnétron. 	<p>ATTENTION</p> <p>Le condensateur haute tension peut rester chargé d'environ 30 secondes à 1 minute après que le four a été mis hors tension.</p> <p>Après avoir débrancher l'alimentation du four :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Attendre quelques minutes • Décharger le condensateur en appliquant les consignes du chapitre sécurité (page 84) • 0,95 à 1,15 μF
<p>Magnétron</p> 	<p>C'est un oscillateur émettant de l'énergie électromagnétique à la fréquence de 2450MHz. L'énergie haute fréquence est rayonnée dans la cavité pour être absorbée par l'aliment à chauffer.</p> <p>Une sécurité thermique à réarmement automatique, fixée sur le magnétron, coupe à 120°C l'alimentation du transformateur en cas de surchauffe du magnétron.</p> <p>Il est alimenté en haute tension</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tube électronique du type diode à vide
<p>PRECAUTIONS A PRENDRE AVANT TOUTE INTERVENTION</p> <p>Les fours à micro-ondes ont des circuits qui peuvent produire de très HAUTES TENSIONS et courants. Avant toute intervention il est impératif de débrancher le cordon d'alimentation.</p>  <p>IL EST INTERDIT DE MESURER LA HAUTE TENSION.</p> <p>CETTE INTERDICTION CONCERNE EGALEMENT LA TENSION NECESSAIRE AU FILAMENT DU MAGNETRON.</p>		

Désignation	Fonction	Caractéristiques
<p>Cavité</p> 	<p>Un guide d'ondes canalise les ondes du magnétron jusqu'à la cavité. Réfléchir les ondes et interdire leur propagation hors de l'enceinte. La position de la charge dans la cavité doit être très précise afin que l'énergie soit absorbée par l'aliment et ne retourne pas au magnétron.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Forme parallélépipédique • Volume de 15 à 35 litres • En tôle peinte • En tôle émaillée • En inox
<p>Porte</p> 	<p>Elle comporte :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un hublot pour pouvoir surveiller les aliments en cours de cuisson. Son étanchéité réalisée par une tôle perforée (grille métallique). • Un piège à ondes • Un cadre équipé d'un joint caoutchouc ferrite qui absorbe et dissipe l'énergie résiduelle 	
<p>Répartition des ondes</p> 	<p>L'agitateur placé à la sortie du guide d'ondes assure le brassage des ondes dans toutes les directions. Il est entraîné par la soufflerie du moto-ventilateur ou par un moteur. Le plateau tournant permet une cuisson homogène de l'aliment en le déplaçant dans la cavité. Il est entraîné par un moteur indépendant. L'antenne fixe ou tournante peut être entraînée par la soufflerie du moto-ventilateur. Ou par un moteur et une courroie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hélice composée de pales inclinées • Verre trempé (borosilicate) • Plateau ajouré
<p>Moto-ventilateur</p> 	<p>Le ventilateur permet de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Refroidir le magnétron et le transformateur • Renouveler l'air dans la cavité pour éviter les buées • Entraîner dans certains cas le répartiteur d'ondes. 	<ul style="list-style-type: none"> • 220/240V~ • Moteur de type asynchrone • 20/25W • 100 à 200Ω
<p>Commande</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Commande mécanique</u> <p>Une minuterie combinée permet de sélectionner et de gérer les modes et temps de cuisson. Elle se compose de 2 systèmes mécaniques indépendants Un système d'engrenage lié à un moteur gère la durée de cuisson. Un système de came qui gère le temps de fermeture du contact de puissance.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Commande électronique</u> <p>- Un clavier de commande. - Une carte de puissance.</p>	<p>Mécanique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simple • Réglage de la durée difficile (précision de 10 secondes) <p>Electronique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Affichage rapide et clair des informations • Réglage à la seconde près • Mémorisation de programmes

Désignation	Fonction	Caractéristiques
<p>Dispositifs de sécurité</p> 	<p>Le système de sécurité est composé de 3 mini rupteurs. Deux sont actionnés par l'intermédiaire de la porte et interrompent l'émission de micro-ondes. Ils empêchent également le fonctionnement de l'appareil porte ouverte. L'un des deux est totalement inaccessible à l'utilisateur, de manière à éviter tout fonctionnement du four en introduisant un objet dans les loquets de porte. Le troisième mini rupteur ne réagit qu'en cas de défaillance des deux premiers en court-circuitant l'alimentation pour mettre le four hors service.</p>	<p>Mini-rupteur primaire</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contrôle la bonne fermeture de la porte. <p>Mini-rupteur secondaire</p> <ul style="list-style-type: none"> • Autorise la mise en fonctionnement du four. <p>Mini-rupteur de contrôle</p> <ul style="list-style-type: none"> • Provoque la destruction du fusible en cas de défaillance du mini-rupteur primaire.
<p>Fusible</p> 	<p>Le fusible protège le transformateur en cas de mauvais fonctionnement des contacts de porte ou en cas de court-circuit sur le circuit secondaire du transformateur (magnétron ou diode haute tension).</p> <p>Un fil résistif, placé en série avec le fusible, limite le courant de court-circuit en cas de mauvais fonctionnement du dispositif de verrouillage.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 8 à 15 A suivant modèle • Retardé
<p>Le limiteur de courant</p> <p>230 V</p> 	<p>Le limiteur de courant élimine le pic de courant d'appel lors du démarrage du transformateur. Ceci évite le déclenchement intempestif de certains disjoncteurs ainsi que les chocs magnétiques.</p> <p>Les commandes électroniques permettent aujourd'hui de ne plus utiliser ce dispositif.</p>	<p>Composé :</p> <ul style="list-style-type: none"> • d'une résistance • d'un relais temporisé qui permettent d'alimenter le transformateur en deux temps
<p>Limiteur électronique</p> 	<p>Le choc magnétique lié à l'alimentation du transformateur est dû à une pointe de courant importante à la mise sous tension.</p> <p>L'utilisation de l'électronique permet de commander l'alimentation en évitant un démarrage sur la crête (courant maximum).</p>	 <p>Courant d'alimentation</p> <p>Démarrage</p>

2.4/ Diffusion et répartition des ondes dans l'enceinte

En sortie du magnétron, les ondes se propagent comme de l'eau sort d'une douche.

Pour acheminer les ondes dans l'enceinte, on utilise un guide d'ondes. Il convient aussi de répartir l'agitation électromagnétique sur toute la surface de l'aliment. Pour cela, différentes constructions sont possibles.

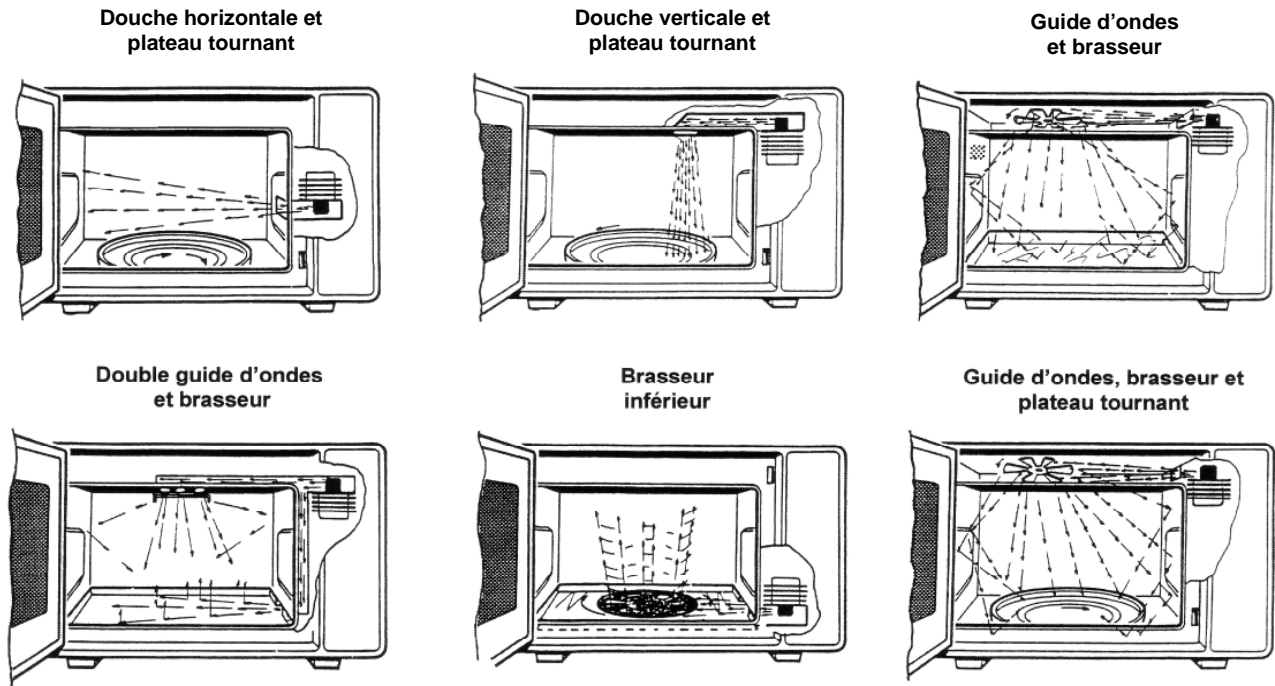
➤ Utilisation d'un brasseur d'onde

Dans ce cas, le jet de douche est éclaté par une hélice située dans le flux et en rotation permanente. Le brasseur d'onde qui s'appelle aussi STIRRER voit son action complétée par les parois du four qui réfléchissent les ondes.

➤ Utilisation d'un plateau tournant

Dans ce cas, c'est en déplaçant l'aliment dans le flux d'ondes moins bien réparti qu'on obtient une cuisson homogène. L'utilisation du plateau tournant peut être combinée avec le strirrer.

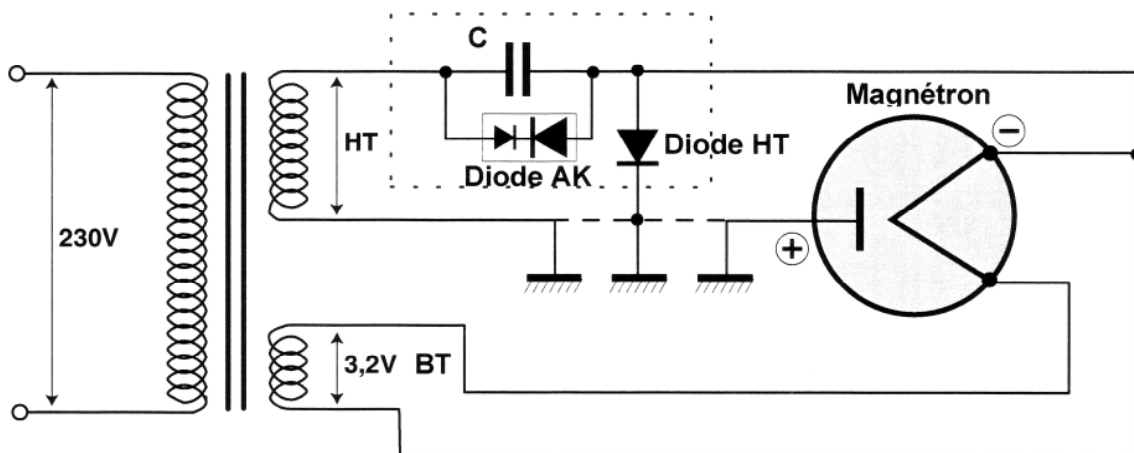
➤ Exemple de combinaison



2.5/ Les composants du circuit de puissance d'un four à micro-ondes

2.5.1/ Diffusion et répartition des ondes dans l'enceinte

A quelques détails près, le circuit de puissance est toujours composé de la même manière. On y trouve : un transformateur à trois enroulements (230V / HT – BT), un condensateur, une diode de puissance, le magnétron et accessoirement un composant de protection baptisé protecteur AK.



2.5.2/ Le transformateur

Il est constitué de 3 enroulements. L'enroulement primaire étant alimenté en 230V, deux tensions secondaires sont disponibles :

♦ **3,2 volts** nécessaires à l'alimentation de la cathode. L'enroulement est de gros diamètre car l'intensité dépasse 10A.

♦ **2100 volts** nécessaires pour créer la tension pulsée entre l'anode et la cathode. L'enroulement HT est de très faible diamètre car il ne génère qu'un faible courant. Une extrémité de cet enroulement est reliée directement à la masse de l'appareil.

2.5.3/ La diode haute tension

La diode haute tension est conçue pour une tension inverse max (V_r) de l'ordre de 6000 volts. Pour supporter une telle tension une simple jonction PN ne suffit pas. Il faut empiler plusieurs jonctions en série. La diode de puissance est donc un empilage de **huit diodes**.

Du fait de cet empilage, la diode HT n'est pas contrôlable à l'aide d'un ohmmètre.

Elle sera raccordée d'une part au condensateur, d'autre part à la masse de l'appareil.

2.5.4/ Le condensateur

Le condensateur est non polarisé. Sa valeur est généralement comprise entre **0,95 et 1,15 μ Farad**. Appareil à l'arrêt, il est donc possible d'avoir une tension proche de **4000 volts** à ses bornes. Il intègre donc une résistance de décharge.

☛ *Malgré cette résistance, et malgré un travail hors tension, il est recommandé de systématiquement le décharger avant toute autre action.*

2.5.5/ La diode de protection AK

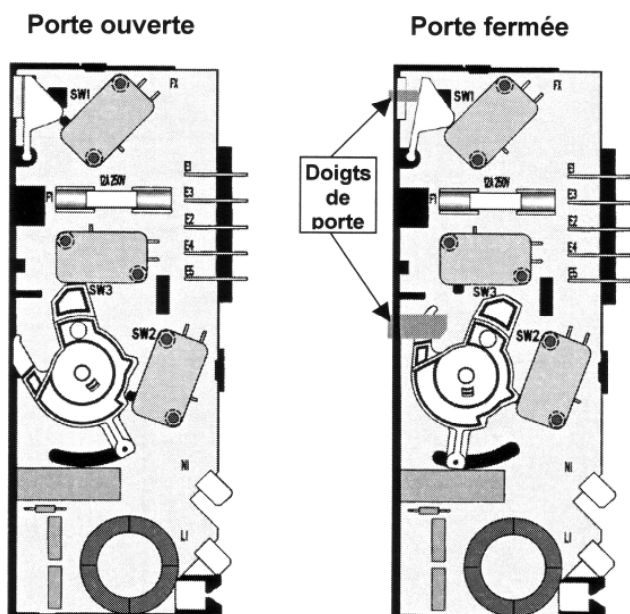
C'est un composant facultatif. Il est composé de **deux diodes montées tête bêche** ayant des tensions inverses (V_r) différentes. Il permet de protéger le transformateur de la surcharge en cas de court-circuit de la diode de puissance.

Le but est de créer un court-circuit franc qui fera fondre le fusible du primaire.

2.6/ La serrure de porte

La serrure de porte intègre trois mini rupteurs, un fusible **10A** et le filtre antiparasite de l'appareil.

La came qui reçoit le doigt de porte inférieur intègre un ressort qui plaque la porte contre la façade. Ceci permet un niveau de fuites très réduit.



Élément vérifié	Points test	Valeur ohmique porte ouverte	Valeur ohmique porte fermée
Minirupteur primaire SW1	E1-E3	Infini	0 Ω
Minirupteur contrôle côté nc de SW3	E3-E4	Infini	0 Ω
Minirupteur contrôle côté no de SW3	E3-E2	0 Ω	Infini
Minirupteur secondaire SW2	E2-E5	Infini	0 Ω

2.7/ Test sur les composants

2.7.1/ Test des fusibles

Tester le fusible, avec **un ohmmètre** : fusible temporisé 10A. **Valeur attendue : 0,1Ω**

2.7.2/ Test des sécurités de portes :

Tester les sécurités de porte, avec **un ohmmètre**, porte ouverte puis porte fermée.

Valeur attendue : 0 Ω pour une position de la porte

Valeur attendue : ∞ Ω pour l'autre position

2.7.3/ Test de la diode AK :

Débrancher la cosse de la diode en lien avec le condensateur

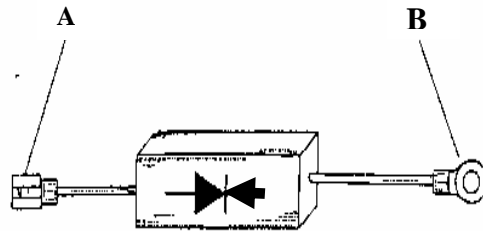
- MESURE AVEC UN MÉGOHMMÈTRE -

☞ Mesurer la valeur de la résistance entre les bornes A et B.

Valeur attendue : ∞ Ω

☞ Mesurer la valeur de la résistance entre les bornes B et A.

Valeur attendue : ∞ Ω



2.7.4/ Test du transformateur :

Débrancher l'appareil du secteur. Décharger le condensateur. Débrancher le transformateur.

☞ Mesurer la valeur de la résistance entre les bornes d'alimentation du primaire repérées A.

Valeur attendue : ≈ 1.5 Ω

☞ Mesurer la valeur de la résistance entre les bornes du secondaire TBT repérées B.

Valeur attendue : ≈ 0.5 Ω

☞ Mesurer la valeur de la résistance entre la borne C du secondaire HTA et la masse.

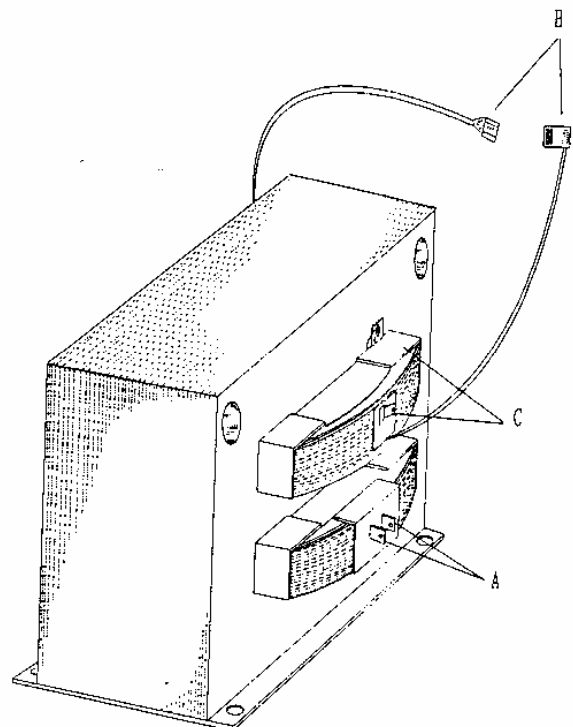
Valeur attendue : ≈ 90 Ω

☞ Mesurer la valeur de la résistance entre les bornes repérées A et la masse.

Valeur attendue : ≈ ∞ Ω

☞ Mesurer la valeur de la résistance entre les bornes repérées B et la masse.

Valeur attendue : ≈ ∞ Ω



☞ Mesurer la valeur de la résistance entre les bornes repérées B et les bornes repérées A.

Valeur attendue : $\approx \infty \Omega$

2.7.5/ Test du condensateur :

Le condensateur est déchargé et débranché.

Premier test :

☞ Brancher un **capacimètre** aux bornes du condensateur.

Valeur attendue : $0.9 \mu\text{F} \pm 0.05 \text{ F}$

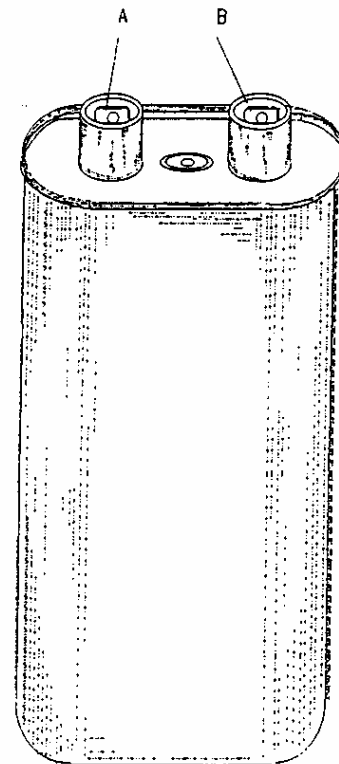
Deuxième test :

☞ Brancher un **ohmmètre** sur le plus fort calibre aux bornes du condensateur.

Valeur attendue : $0 \Rightarrow \infty$ (charge du condo)

☞ Refaire l'opération en inversant la polarité des touches de contrôle.

Valeur attendue : $0 \Rightarrow \infty$ (charge du condo)



2.7.6/ Test du magnétron :

Débrancher l'appareil du secteur. Débrancher le magnétron.

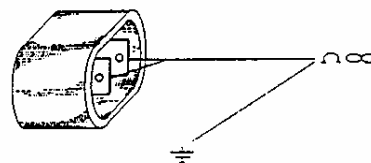
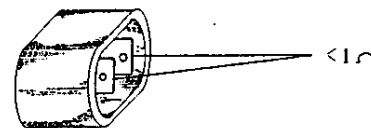
☞ Mesurer avec un **ohmmètre** la valeur de la résistance du filament entre les bornes d'alimentation du magnétron.

Valeur attendue : $< 1 \Omega$

- MESURE AVEC UN MÉGOHMMÈTRE -

☞ Mesurer la valeur de la résistance entre les bornes d'alimentation et la masse.

Valeur attendue : $= \infty$



2.7.7/ Test de la diode HT :

Débrancher la cosse de la diode en lien avec le condensateur

- MESURE AVEC UN MÉGOHMMÈTRE -

☞ Mesurer la valeur de la résistance entre les bornes A et B.

Valeur attendue : $< 1 \Omega$

☞ Mesurer la valeur de la résistance entre les bornes B et A.

Valeur attendue : $\infty \Omega$

