

Les micro-ondes

Printemps des Sciences 2002 : l'énergie sous toutes ses formes

Présentation : Mathieu Heistercamp, Renaud Maes, Laurence Méhaudens, Séverine Robert

Que sont les micro-ondes ?

Une onde électromagnétique est composée d'un champ électrique et d'un champ magnétique sinusoïdaux.

Fréquence : 300 MHz à 300 GHz

Longueur d'onde : 1 m à 1 mm

Position dans le spectre électromagnétique : Hyperfréquences, entre ondes radios (10^8 Hz) et infrarouge (10^{12} Hz)

Moyen de production : magnétron, klystron

Applications : 800 et 1800 MHz : téléphone portable, radar ; 915 à 2450 MHz : four à micro-ondes ; 10 GHz : satellite

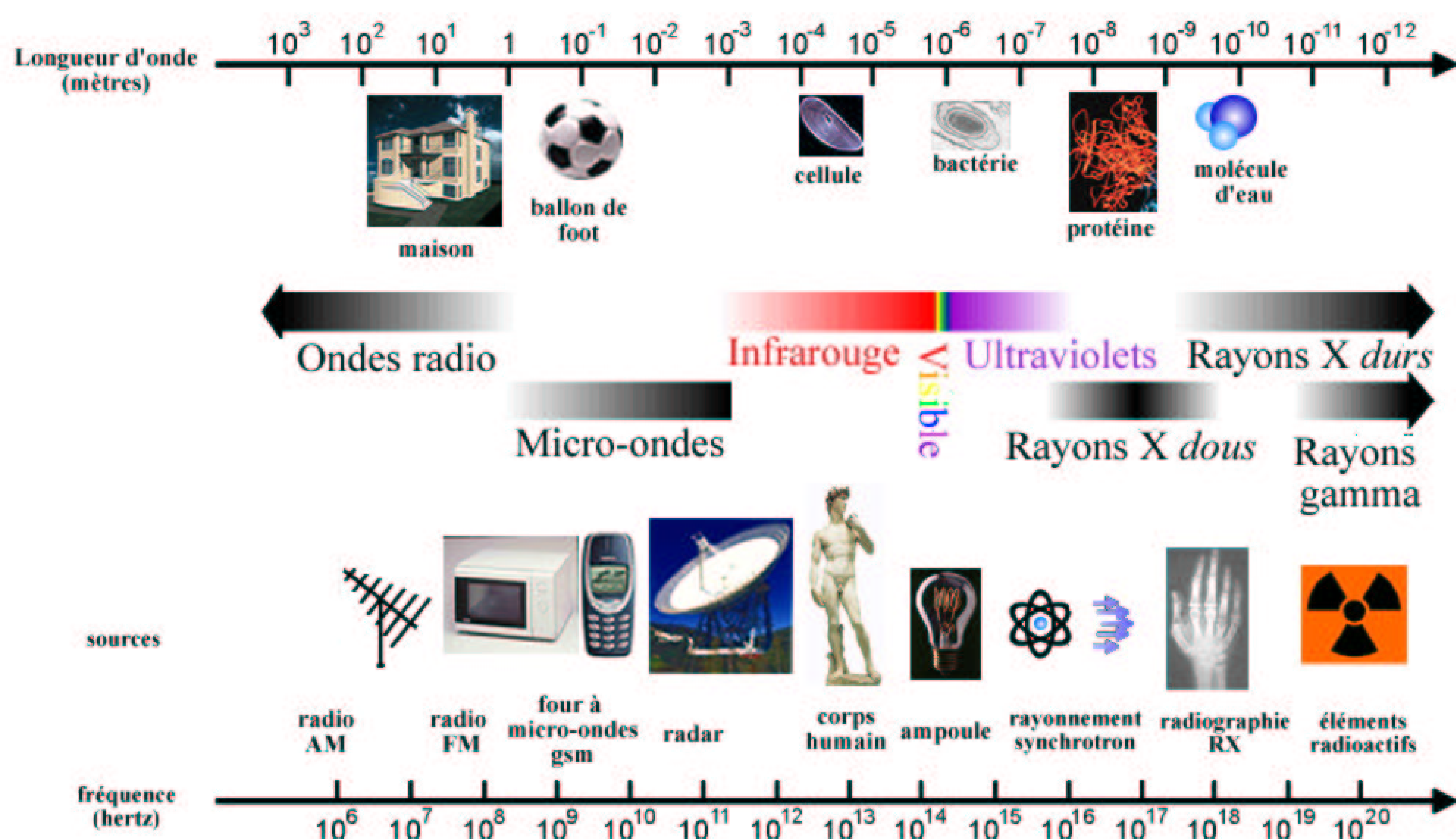


FIG. 1 - Spectre électromagnétique

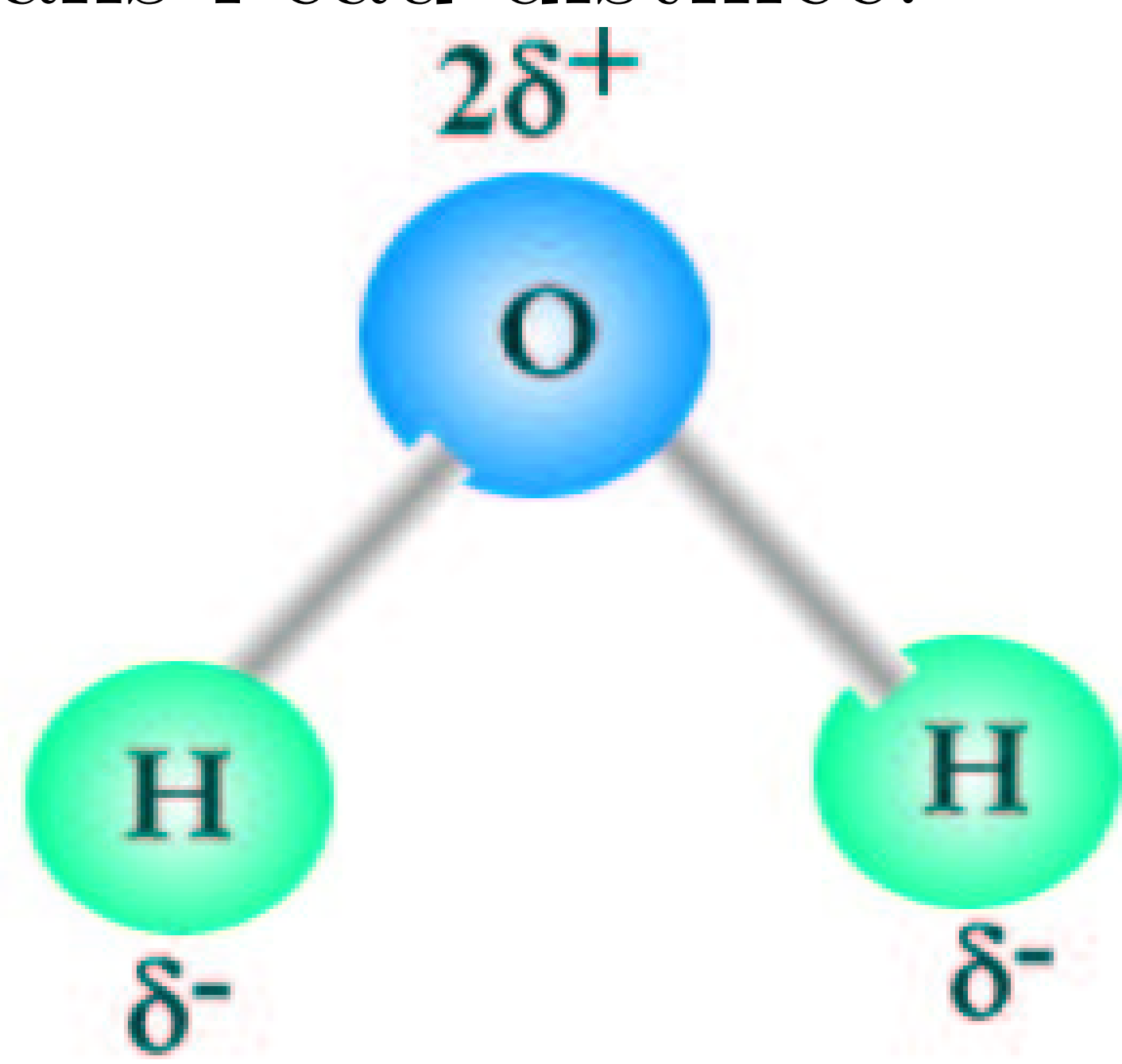
Expériences

L'ampoule

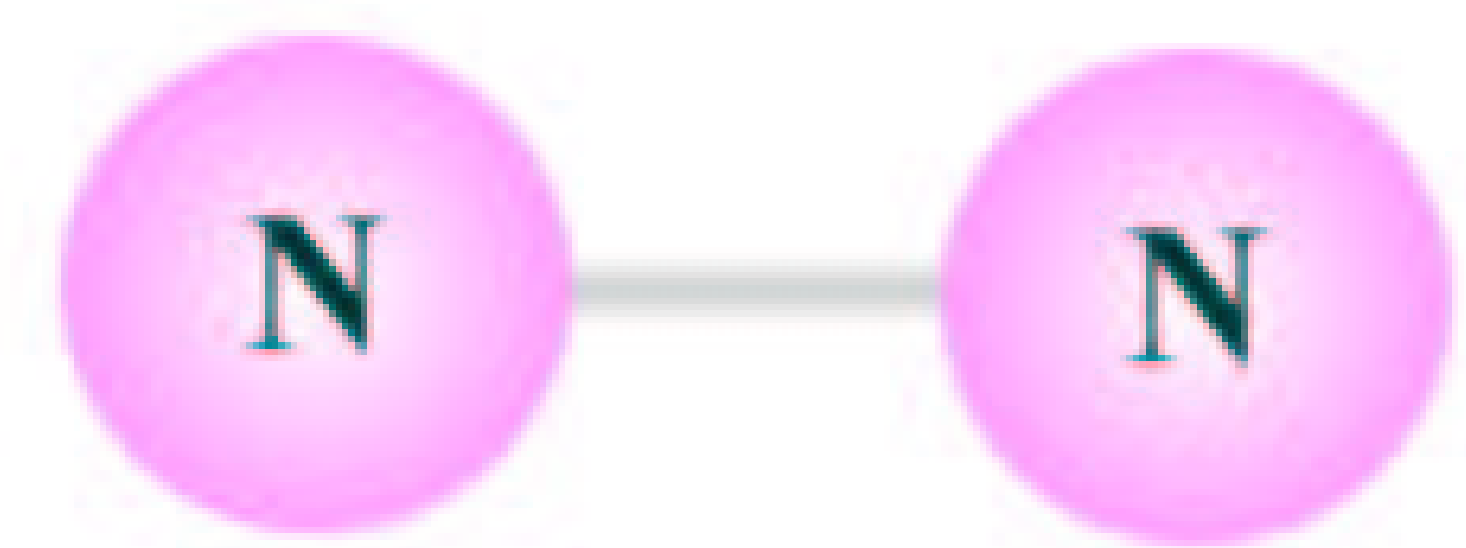
Objectif : mise en évidence du lien entre interactions et dipôle.

Mode opératoire : Nous utiliserons 3 liquides : de l'eau distillée, de l'huile et de l'azote chacun placé dans un récipient en pyrex. Nous plongeons une ampoule dans le récipient que nous plaçons dans le four à micro-ondes.

Observation : L'ampoule brille fortement dans l'huile et l'azote. Elle ne brille pas dans l'eau distillée.



molécule d'eau



molécule d'azote

Conclusion : L'eau distillée interagit plus fortement avec les ondes.

Le CD et l'expérience de Hertz

Objectif : interactions entre conducteur et micro-ondes. Conducteurs utilisés :

le Compact Disc (aluminium)

l'anneau ouvert de Hertz

Observation :

Apparition d'étincelles sur le CD

Arc électrique entre les extrémités de l'anneau



FIG. 2 - Expérience de Hertz

Conclusion : Ne mettez pas de métal dans votre four !

Les liaisons hydrogène

Objectif : mise en évidence des liaisons hydrogène

Mode opératoire : dans deux récipients en pyrex, on place une même masse d'eau liquide et de glace. Après une minute de chauffage, on effectue quelques mesures.

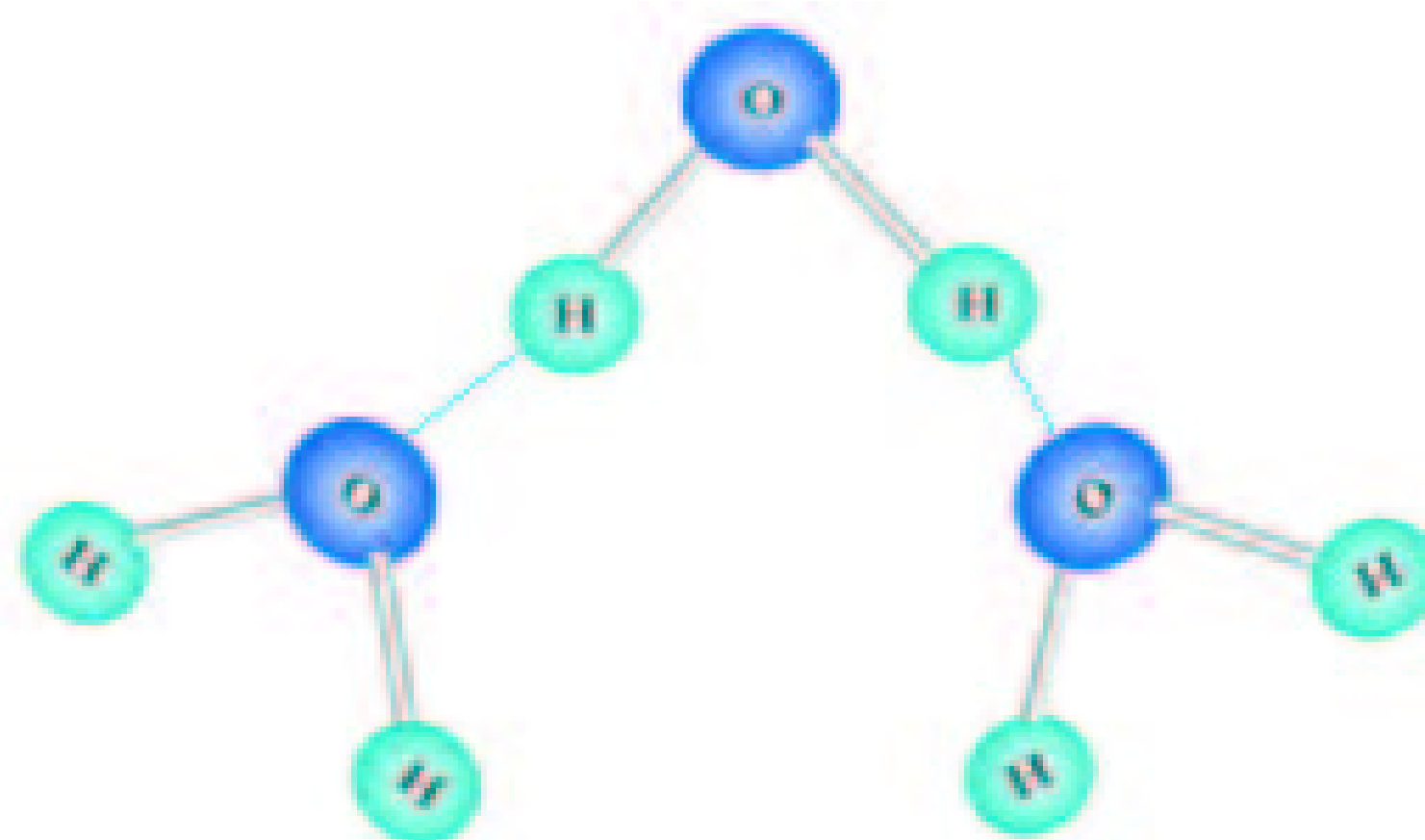


FIG. 3 - Liaisons hydrogène

Conclusion : Les liaisons hydrogène empêchent la rotation des molécules.

Produire des micro-ondes : Le magnétron

Structure

Le magnétron se compose d'un cylindre creux, fermé par deux aimants permanents. A l'intérieur du cylindre, on distingue la cathode, constituée d'un filament

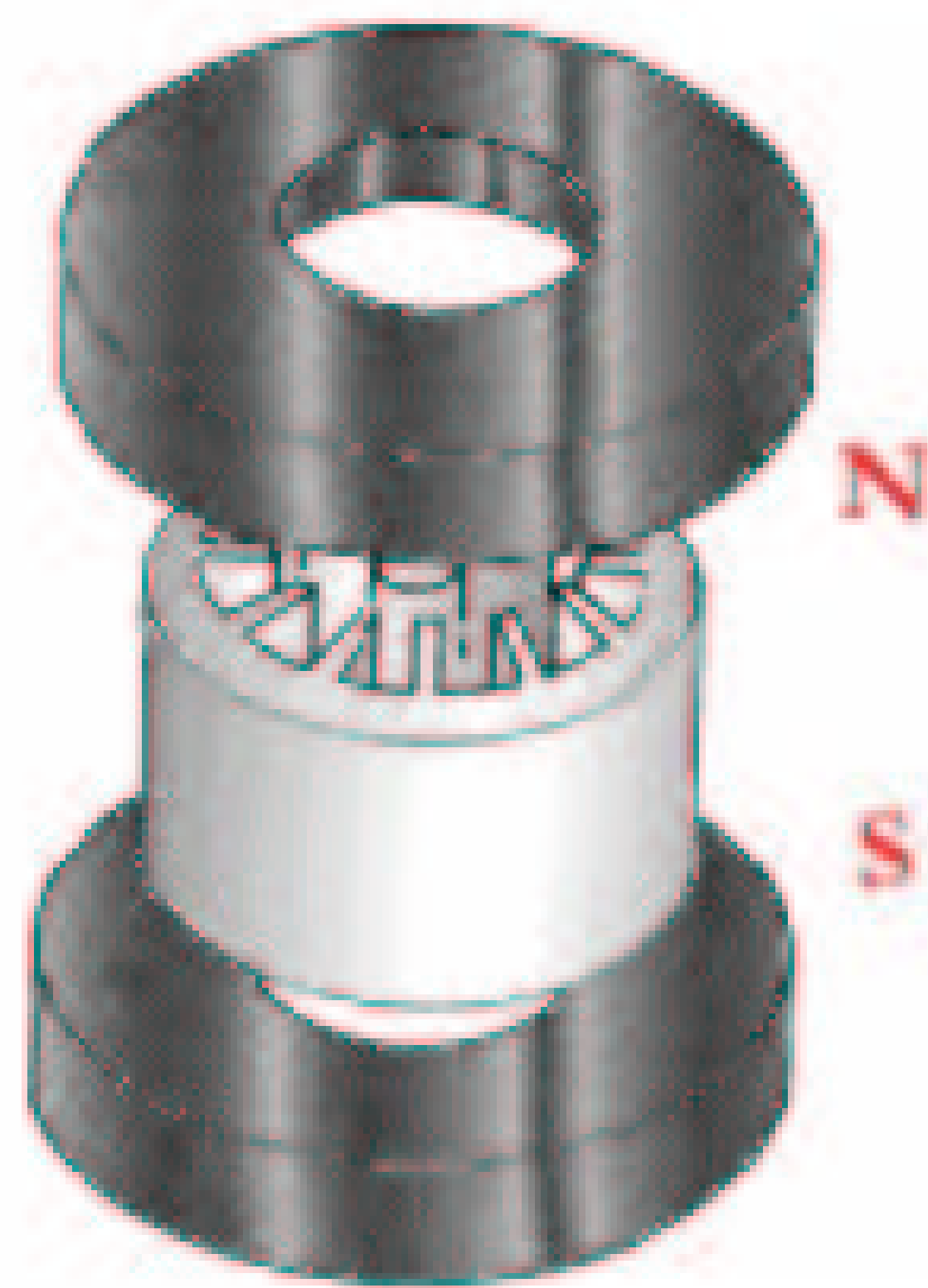


FIG. 4 - Magnétron

hélicoïdal en tungstène, de l'anode, qui comprend plusieurs cavités résonantes. L'espace entre la cathode et l'anode sert d'espace d'interaction et il y règne un vide très poussé.

Nuage électronique

Le magnétron fait intervenir deux types d'influences : celle du champ magnétique, produit par les aimants, et celle du champ électrique entre l'anode et la cathode. On applique une tension très élevée (quelques kilovolts), pour un espace très

restreint (quelques millimètres). Le champ électrique accroît l'énergie cinétique des électrons et le champ magnétique incurve leur trajectoire.

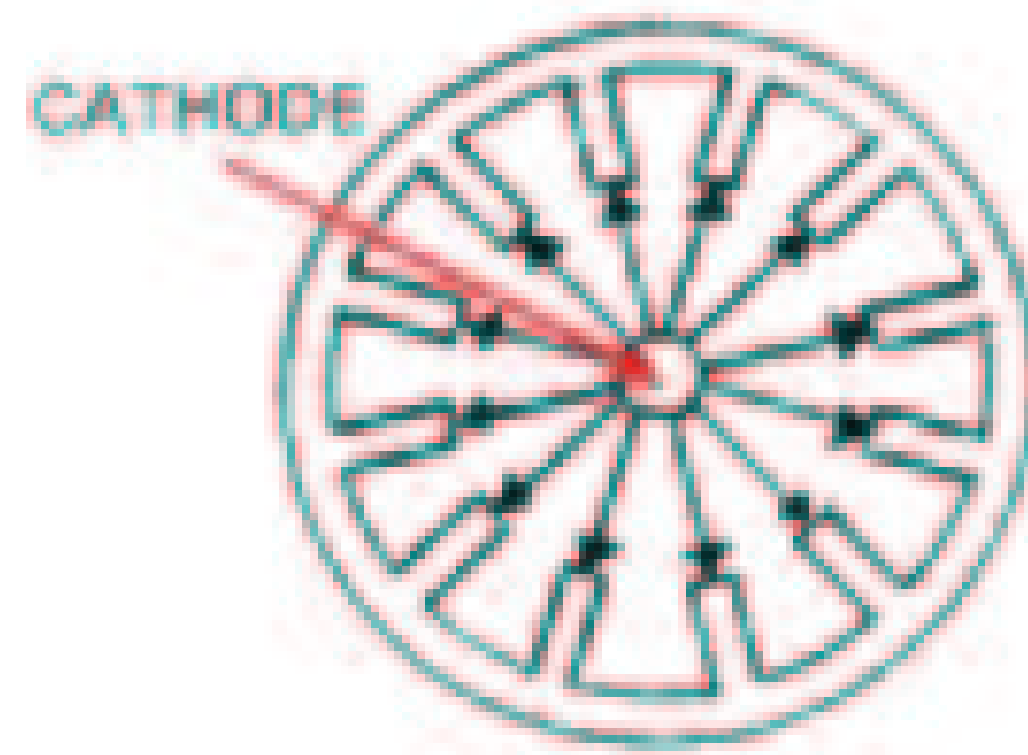


FIG. 5 - Trajectoire des électrons sans champ magnétique



FIG. 6 - Trajectoire des électrons avec champ magnétique

En effet, la force totale \vec{F} subie par un électron de charge e est donnée par

$$\vec{F} = e\vec{E} + e\vec{v} \times \vec{B}$$

où \vec{E} est le champ électrique, \vec{B} le champ magnétique et \vec{v} la vitesse de l'électron. Suivant les valeurs des champs magnétique et électrique appliqués, les électrons forment un *nuage* qui tourne autour de la cathode à l'intérieur du magnétron.

Cavités résonantes

Les dimensions des cavités résonantes sont calculées de telle façon à leur conférer une fréquence de résonance de 2450 MHz, et ce sont les interactions entre les cavités et les électrons qui produisent les micro-ondes.