

but holds that there are thermal hazards even in microwave fields of low-measured density. To understand the qualms of these conservatives, the reader needs be informed that the data used to establish the current U.S. limit were for the greater part gathered under highly controlled conditions in the laboratory with simulated biological targets (see Anne et al., 1961). Hollow glass spheres containing mixtures of fluids that duplicated the net electrical characteristics of the contents of the human head were radiated in what is technically termed the "free field," that is, under conditions in which no reflected energy illuminates the target, only that radiated by the source. Under actual conditions where microwave radiations at fairly high densities are encountered by human beings, for example, aboard ships, in or about aircraft, or near ground-based radars, there are nearly always reflective surfaces that could reflect additional energy on a biological target. Unfortunately, additional concentrations of reflected energy may not be detected by densitometers because of their high directional sensitivity. A radio-frequency field that measures low in density may actually contain significant levels of energy. Such was the finding in a collaborative investigative venture by the engineer Arthur Guy and psychologist Susan Korbel.

Guy and Korbel (Note 3) radiated models of rats in a 500-MHz microwave field that, as carefully measured by several densitometers, appeared to have an incident density near 1 mW/cm². Activity levels of radiated rats had earlier been found to differ reliably from levels of controls after exposures at this low density (cf. Korbel, 1970; Korbel-Eakin & Thompson, 1965). Guy and Korbel were aware that the exposures had taken place in an electrically shielded enclosure. Since the shielding created the possibility of undetected reflections and concentrations of energy within the enclosure, thermographic studies were performed on radiated models. Extremely high concentrations of thermalized energy were found, some of sufficient density that they would result in focal burns in the heads and extremities of live animals. The hot spots observed in the models would be less severe in a live animal because of partial thermal equilibration by the circulatory system; of major interest is that the total amount of energy absorbed by the models was often much higher than what would be predicted from the measured density of the microwave field. Guy and

Korbel's data are a clear vindication of suspicions by other investigators that the exclusive use of field density as the independent variable in biological studies of microwave irradiation is an egregious shortcoming (cf. Johnson & Guy, 1972; Justesen & King, 1970).

In 1967, Nancy King and I sought to resolve the problem of accurate scaling and dosing of microwave energy in laboratory studies by two means. The first was to use the multimode cavity, now widely in domestic use as the "microwave oven," as the medium for exposing experimental subjects. The quantity of microwave energy absorbed by an animal in such a cavity can be closely metered and controlled (Justesen, Pendleton, & Porter, 1961; Justesen & Pendleton, Note 4). Justesen, Levinson, Clarke, and King (1971) transformed the cavity (a Tappan microwave oven)

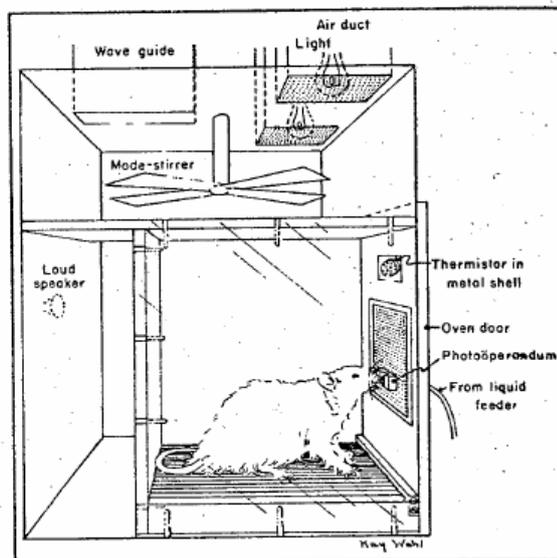


Figure 3. Plexiglas conditioning chamber located in a multimode cavity. (Microwave energy enters the cavity from the wave guide and is mixed by a slowly rotating mode stirrer so that it impinges on the animal in the chamber from all angles. A photodetector of the licking response, a liquid feeder, and a special grid for presenting electrical shocks to the feet provide for operant and/or respondent conditioning of an animal during radiation. A steady stream of cooled air flows from an air duct into the cavity and the chamber and out of small holes in the door of the cavity. Temperature in the chamber is monitored via an electrically shielded thermistor.)

****mais soutient**** qu'il existe des dangers thermiques même dans des champs micro-ondes de densité mesurée faible. Pour comprendre les appréhensions de ces conservateurs, le lecteur doit être informé que les données utilisées pour établir la limite actuelle américaine ont été pour la plupart recueillies dans des conditions hautement contrôlées en laboratoire avec des cibles biologiques simulées (voir Anne et al., 1961). Des sphères de verre creuses contenant des mélanges de fluides qui reproduisaient les caractéristiques électriques nettes du contenu de la tête humaine ont été irradiées dans ce qui est techniquement appelé le « champ libre », c'est-à-dire dans des conditions où aucune énergie réfléchie n'illumine la cible, seulement celle rayonnée par la source. Dans des conditions réelles où des rayonnements micro-ondes à des densités assez élevées sont rencontrés par des êtres humains, par exemple à bord de navires, dans ou autour d'aéronefs, ou près de radars au sol, il y a presque toujours des surfaces réfléchissantes qui pourraient réfléchir de l'énergie supplémentaire sur une cible biologique. Malheureusement, des concentrations supplémentaires d'énergie réfléchie peuvent ne pas être détectées par les densitomètres en raison de leur haute sensibilité directionnelle. Un champ de radiofréquence qui mesure une faible densité peut en réalité contenir des niveaux d'énergie significatifs. Tel fut le constat d'une entreprise d'investigation collaborative de l'ingénieur Arthur Guy et de la psychologue Susan Korbel.

Guy et Korbel (Note 3) ont irradié des modèles de rats dans un champ micro-ondes de 500 MHz qui, soigneusement mesuré par plusieurs densitomètres, semblait avoir une densité incidente proche de 1 mW/cm². Il avait été constaté précédemment que les niveaux d'activité de rats irradiés différaient de manière fiable de ceux des témoins après des expositions à cette faible densité (cf. Korbel, 1970 ; Korbel-Eakin & Thompson, 1965). Guy et Korbel savaient que les expositions avaient eu lieu dans une enceinte blindée électriquement. Comme le blindage créait la possibilité de réflexions non détectées et de concentrations d'énergie à l'intérieur de l'enceinte, des études thermographiques ont été réalisées sur des modèles irradiés. Des concentrations extrêmement élevées d'énergie thermalisée ont été trouvées, certaines de densité suffisante pour qu'elles entraînent des brûlures focales sur la tête et les extrémités d'animaux vivants. Les points chauds observés dans les modèles seraient moins sévères chez un animal vivant en raison d'une équilibration thermique partielle par le système circulatoire ; l'intérêt majeur est que la quantité totale d'énergie absorbée par les modèles était souvent beaucoup plus élevée que ce qui serait prédit à partir de la densité mesurée du champ micro-ondes. Les données de Guy et Korbel justifient clairement les suspicions d'autres chercheurs selon lesquelles l'utilisation exclusive de la densité de champ comme variable indépendante dans les études biologiques de l'irradiation micro-ondes est un défaut flagrant (cf. Johnson & Guy, 1972 ; Justesen & King, 1970).

En 1967, Nancy King et moi-même avons cherché à résoudre le problème de la mise à l'échelle et du dosage précis de l'énergie micro-ondes dans les études en laboratoire par deux moyens. Le premier était d'utiliser la cavité multimode, maintenant largement utilisée domestiquement comme « four à micro-ondes », comme milieu pour exposer les sujets expérimentaux. La quantité d'énergie micro-ondes absorbée par un animal dans une telle cavité peut être étroitement mesurée et contrôlée (Justesen, Pendleton, & Porter, 1961 ; Justesen & Pendleton, Note 4). Justesen, Levinson, Clarke et King (1971) ont transformé la cavité (un four à micro-ondes Tappan)

****Figure 3.**** Chambre de conditionnement en Plexiglas située dans une cavité multimode. (L'énergie micro-ondes entre dans la cavité depuis le guide d'ondes et est mélangée par un agitateur de mode tournant lentement de sorte qu'elle frappe l'animal dans la chambre sous tous les angles. Un photodétecteur de la réponse de léchage, un distributeur de liquide et une grille spéciale pour présenter des chocs électriques aux pieds permettent un conditionnement opérant et/ou répondant d'un animal pendant le rayonnement. Un flux constant d'air refroidi circule depuis un conduit d'air

dans la cavité et la chambre et sort par de petits trous dans la porte de la cavité. La température dans la chambre est surveillée via une thermistance blindée électriquement.)

AMERICAN PSYCHOLOGIST • MARS 1975 • 397