

Laboratories, took the lead in squeezing the last eliminable error from the determination of energy dosing. Hunt and his colleagues (see, e.g., Hunt, King, & Phillips, 1975; Phillips et al., 1975) developed a special twin-well calorimeter (Figure 4) into which suitable models or carcasses of a control and an irradiated animal are placed immediately after microwave treatments. Differential calorimetry is then used to measure the amount of energy absorbed by the radiated target, either in the multimode cavity or in the free field. When quantities of absorbed energy at high dosing levels were subsequently equilibrated for live animals in the cavity and in the free field, Hunt and his colleagues observed that death rates were much higher from exposures in the free field. One would expect this difference because the animal in the cavity is absorbing energy that is incident from all angles while the animal in the free field is illuminated unidirectionally (calling to mind the discomfort of the naked child in a cold room as he stands in front of an overheated potbelly stove).

The comparisons by Hunt and his colleagues involved mice and rats in restraint under irradiation by moderate to high densities of microwave energy. The bodily restraint, which is used in the free field to maintain constancy of energy dosing, can interact as a stressor with microwave-induced hyperthermia to increase morbidity and mortality (cf. Justesen, Levinson, Clarke, & King, 1971; Justesen et al., 1974). Comparisons of cavity and free-field exposures of restrained subjects at lower densities of energy would be desirable on two grounds: first, if the energy incident upon an animal in the free field is not too intense, the gradient of temperature between exposed and unexposed areas of the body will be reduced by convective dispersion of heat by the blood stream; and second, the study of operant and respondent behaviors can best be realized in animals undebilitated by excessive heating. The appropriate comparison of behaviors of subjects under low to moderate densities of microwave energy has been undertaken by Lin, who trained rats to accept restraint in a body holder (Lin, Guy, & Caldwell, Note 6). Slight movement of the head of a restrained subject was possible, and it was this movement that Lin used as an operant response. During pretraining, a restrained animal was reinforced with a food pellet each time its head interrupted a photoelectric beam until responding during short daily sessions had stabilized. Then Lin et al. irradiated the animals

with 918-MHz microwaves in the free field, first at low densities and then at successively increased densities until the head-moving operant extinguished. The absorbed-energy dosing rate at the threshold of extinction was near 8 mW/g, a value that agrees closely with that reported for comparable measures on rats exposed in the multimode cavity by Justesen and King (1970) and by Hunt et al. (1975). One may surmise, at least tentatively, that the behavioral and biological response to exposures in the cavity and in free field are more likely to be comparable at low densities of radiation and increasingly divergent at increasingly higher densities. One may also surmise that free-field exposures to microwave energy, insofar as they produce unevenness of heating in an experimental animal, are much more likely to be thermally stressing in the psychological sense. The quintessential characteristic of psychologically adequate stimulation is change either temporally or spatially. In the absence of change, or in the stead of change that occurs too slowly, even intense energy may not be behaviorally stimulating. Scripture (1899, p. 300) recounted how a frog never so much as twitched, as the water in which it was immersed was slowly brought from body temperature to the boiling point. King (1969) recounted a similar experience with rats long inured of exposures in the multimode cavity to mildly thermalizing radiation. During radiation treatments the animals became immobile and appeared to go to sleep. I thought her animals were displaying the neurasthenic syndrome until she measured their body temperatures and found they were suffering from something akin to heat prostration!

### *Epilogue*

Focused as it was on methodology and instrumentation, this article has skirted much information that relates psychology and psychologists to the biological study of electromagnetic fields. Among the omissions is the special concern for behavioral variables manifested by most basic and medical scientists currently working "in the microwave field." Much of this concern is actually homage to the reliability with which behavioral effects have been demonstrated and duplicated in the radiobiological laboratory. Behavior has become a major "handle" or end point in attempts of scientists to get a purchase on the biophysical and physiological events that occur in the radiated

---

**\*\*Laboratoires\*\***, a pris la tête pour éliminer la dernière erreur éliminable de la détermination du dosage énergétique. Hunt et ses collègues (voir, par exemple, Hunt, King, & Phillips, 1975 ; Phillips et al., 1975) ont développé un calorimètre spécial à double puits (Figure 4) dans lequel des modèles appropriés ou des carcasses d'un animal témoin et d'un animal irradié sont placés immédiatement après les traitements par micro-ondes. La calorimétrie différentielle est ensuite utilisée pour mesurer la quantité d'énergie absorbée par la cible irradiée, que ce soit dans la cavité multimode ou en champ libre. Lorsque les quantités d'énergie absorbée à des niveaux de dosage élevé ont ensuite été équilibrées pour des animaux vivants dans la cavité et en champ libre, Hunt et ses collègues ont observé que les taux de mortalité étaient beaucoup plus élevés pour les expositions en champ libre. On s'attendrait à cette différence parce que l'animal dans la cavité absorbe de l'énergie incidente de tous les angles tandis que l'animal en champ libre est illuminé unidirectionnellement (rappelant le malaise de l'enfant nu dans une pièce froide alors qu'il se tient devant un poêle à ventre surchauffé).

Les comparaisons de Hunt et de ses collègues impliquaient des souris et des rats en contention sous irradiation par des densités modérées à élevées d'énergie micro-ondes. La contention corporelle, qui est utilisée en champ libre pour maintenir la constance du dosage énergétique, peut interagir en tant que facteur de stress avec l'hyperthermie induite par les micro-ondes pour augmenter la morbidité et la mortalité (cf. Justesen, Levinson, Clarke, & King, 1971 ; Justesen et al., 1974). Des comparaisons des expositions en cavité et en champ libre de sujets contraints à des densités d'énergie plus faibles seraient souhaitables pour deux raisons : premièrement, si l'énergie incidente sur un animal en champ libre n'est pas trop intense, le gradient de température entre les zones exposées et non exposées du corps sera réduit par la dispersion convective de la chaleur par le flux sanguin ; et deuxièmement, l'étude des comportements opérants et répondants peut être mieux réalisée chez des animaux non affaiblis par un chauffage excessif. La comparaison appropriée des comportements de sujets sous des densités faibles à modérées d'énergie micro-ondes a été entreprise par Lin, qui a entraîné des rats à accepter la contention dans un support corporel (Lin, Guy, & Caldwell, Note 6). Un léger mouvement de la tête d'un sujet contraint était possible, et c'est ce mouvement que Lin a utilisé comme réponse opérante. Pendant le pré-entraînement, un animal contraint était renforcé par une pastille de nourriture chaque fois que sa tête interrompait un faisceau photoélectrique jusqu'à ce que la réponse pendant de courtes sessions quotidiennes se stabilise. Ensuite, Lin et al. ont irradié les animaux avec des micro-ondes de 918 MHz en champ libre, d'abord à faible densité puis à des densités successivement accrues jusqu'à ce que l'opérant de mouvement de tête s'éteigne. Le taux de dosage d'énergie absorbée au seuil d'extinction était proche de 8 mW/g, une valeur qui correspond étroitement à celle rapportée pour des mesures comparables sur des rats exposés dans la cavité multimode par Justesen et King (1970) et par Hunt et al. (1975). On peut supposer, au moins provisoirement, que la réponse comportementale et biologique aux expositions en cavité et en champ libre est plus susceptible d'être comparable à faible densité de rayonnement et de plus en plus divergente à des densités de plus en plus élevées. On peut aussi supposer que les expositions en champ libre à l'énergie micro-ondes, dans la mesure où elles produisent une irrégularité de chauffage chez un animal expérimental, sont beaucoup plus susceptibles d'être thermiquement stressantes dans le sens psychologique. La caractéristique quintessentielle d'une stimulation psychologiquement adéquate est le changement, soit temporel soit spatial. En l'absence de changement, ou au lieu d'un changement qui se produit trop lentement, même une énergie intense peut ne pas être stimulante sur le plan comportemental. Scripture (1899, p. 300) a raconté comment une grenouille n'a même pas tressailli, alors que l'eau dans laquelle elle était immergée était lentement portée de la température corporelle au point d'ébullition. King (1969) a raconté une expérience similaire avec des rats longtemps habitués à des expositions dans la cavité multimode à un rayonnement légèrement thermalisant. Pendant les traitements de rayonnement, les animaux devenaient immobiles et semblaient s'endormir. Je pensais que ses animaux manifestaient le

syndrome neurasthénique jusqu'à ce qu'elle mesure leur température corporelle et découvre qu'ils souffraient de quelque chose semblable à une prostration due à la chaleur !

### **\*\*Épilogue\*\***

Axé comme il l'était sur la méthodologie et l'instrumentation, cet article a évité beaucoup d'informations qui relient la psychologie et les psychologues à l'étude biologique des champs électromagnétiques. Parmi les omissions se trouve le souci particulier pour les variables comportementales manifesté par la plupart des scientifiques fondamentaux et médicaux travaillant actuellement « dans le domaine des micro-ondes ». Une grande partie de ce souci est en fait un hommage à la fiabilité avec laquelle les effets comportementaux ont été démontrés et reproduits en laboratoire de radiobiologie. Le comportement est devenu une « poignée » majeure ou un point final dans les tentatives des scientifiques pour saisir les événements biophysiques et physiologiques qui se produisent dans l'organisme

AMERICAN PSYCHOLOGIST • MARS 1975 • 399