

sera atténuée à cause de l'absorption et des parties transmises dans l'air aux faibles incidences, mais elle n'en demeure pas moins partiellement piégée: la patate constitue donc pour le champ électromagnétique une espèce de cavité où ce dernier peut former une onde stationnaire. Même si cette cavité a un taux d'atténuation élevé, elle peut exhiber des résonances, c'est-à-dire des modes ondulatoires présentant des maxima et minima marqués, qu'une caméra thermique peut visualiser en raison de l'échauffement associé.

## UN CHAMP BIEN CONCENTRÉ

Pour s'assurer de ces idées, on peut réaliser l'expérience de façon bien plus contrôlée avec une bille de polyacrylate de sodium (un matériau hyperabsorbant pour l'eau) gonflée d'eau, l'avantage étant que l'on peut choisir le diamètre de la bille et calculer complètement l'intensité du champ électromagnétique à l'intérieur et à l'extérieur.

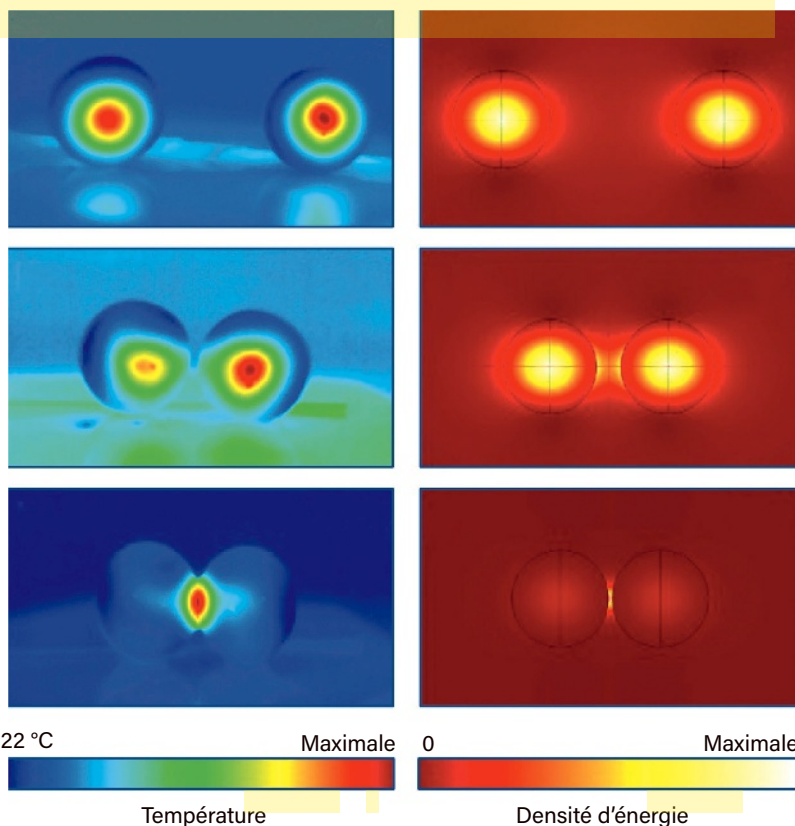
Après avoir chauffé la bille au four à microondes puis l'avoir coupée en deux, on observe un point chaud au centre. Cela confirme que le champ microonde ne se contente pas de traverser la bille, mais qu'il s'y concentre. La bille, quelle que soit sa taille, est le siège d'une «résonance de Mie», du nom du physicien allemand Gustav Mie qui, au début du <sup>xx</sup> siècle, a étudié en détail les résonances au sein des sphères. Les calculs montrent que le maximum de cette résonance est situé au centre de la bille. En outre, ils rappellent l'existence d'une «onde évanescente» dans l'air, à l'extérieur de la bille: il s'agit d'un champ d'amplitude non négligeable qui déborde de l'objet, qu'on ne peut pas révéler par un échauffement, mais qui joue un rôle crucial dans la suite.

Considérons à présent deux billes identiques que l'on rapproche peu à peu. Lorsque leur écart est supérieur à leur diamètre, la structure du champ dans chacune des billes reste inchangée ou presque. Cependant, l'onde évanescente, à l'extérieur, s'intensifie sur l'axe qui joint les deux billes. À des distances plus courtes, la structure du champ finit par changer profondément: lorsque les deux billes deviennent très proches (0,5 millimètre de distance pour un diamètre de 16 millimètres), l'essentiel de l'énergie se voit concentré dans l'espace entre les billes et non plus en leurs centres, ce qui est très surprenant!

L'échelle typique de variation d'intensité dans les ondes stationnaires formées à partir d'ondes progressives est en général

## CARTES DE TEMPÉRATURE ET D'ÉNERGIE

La répartition de la température au sein de deux grains de raisin soumis au chauffage par microondes (colonne de gauche) dépend de la distance entre les deux objets. Lorsque les deux grains sont bien écartés, chaque grain a un point chaud au centre. Lorsqu'ils se touchent presque, c'est la zone intermédiaire qui devient chaude. Ces cartes de température mesurée correspondent assez bien aux cartes de la densité d'énergie électromagnétique établies par des simulations numériques (colonne de droite).



de l'ordre de la longueur d'onde du rayonnement. C'est ce que nous observons à l'intérieur de la pomme de terre. En revanche, dans le royaume des ondes évanescentes, il n'y a pas de limite: l'énergie peut se concentrer sur des zones de taille bien plus petite que la longueur d'onde.

Avec les deux billes très proches, nous en avons un exemple remarquable. L'épaisseur de la zone dans laquelle est confiné le champ est cent fois plus faible que la longueur d'onde de ce dernier, et son diamètre est une vingtaine de fois plus petit. L'intensité du champ électromagnétique à cet endroit est alors si élevée que la matière présente s'échauffe jusqu'à se vaporiser. Dans le cas de l'expérience avec le grain de raisin, le spectre de la lumière émise suggère que ce sont les atomes de sodium et de potassium présents dans la chair du raisin qui sont ionisés et qui forment le fameux plasma. ■

## BIBLIOGRAPHIE

H. K. Khattak, P. Bianucci et A. D. Slepko, **Linking plasma formation in grapes to microwave resonances of aqueous dimers**, *PNAS*, vol. 116(10), pp. 4000-4005, 2019.

J.-M. Courty, **Vidéo de Merci la Physique ! sur l'expérience avec les pommes de terre :** [https://youtu.be/y\\_LKYulyXQc](https://youtu.be/y_LKYulyXQc)

J.-M. Courty, **Vidéo de Merci la Physique ! sur les modes ondulatoires dans le four à microondes :** <https://youtu.be/YfJERYToXIM>