

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.

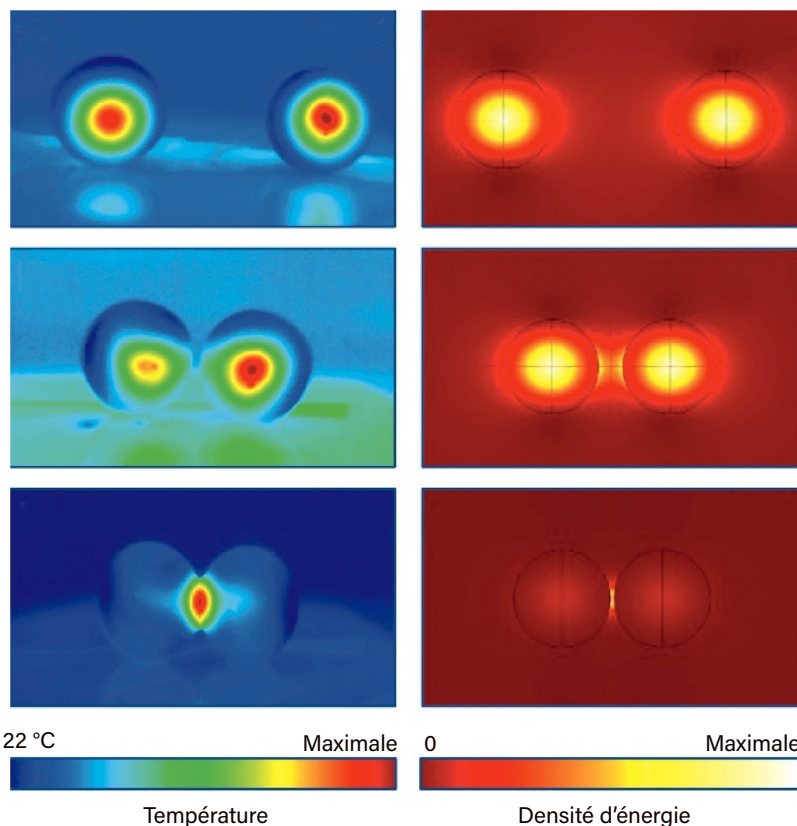
Après avoir chauffé la bille au four à microondes puis l'avoir coupée en deux, on observe un point chaud au centre. Cela confirme que le champ microonde ne se contente pas de traverser la bille, mais qu'il s'y concentre. La bille, quelle que soit sa taille, est le siège d'une «résonance de Mie», du nom du physicien allemand Gustav Mie qui, au début du ^{xx} 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 évanescence» 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 évanescence, 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 évanescences, 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

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

ABONNEZ-VOUS À

Pour la Science

OFFRE RENTRÉE

1 AN

3 FORMULES
AU CHOIX

	FORMULE PAPIER	FORMULE PAPIER + HORS-SÉRIE	FORMULE INTÉGRALE
Le magazine papier 12 numéros par an	✓	✓	✓
Le magazine en version numérique 12 numéros par an			✓
Le hors-série papier 4 numéros par an		✓	✓
Le hors-série en version numérique 4 numéros par an			✓
Accès à pouirlascience.fr actus, dossiers, archives depuis 1996			✓
10 € DE RÉDUCTION		✓	✓
VOTRE TARIF D'ABONNEMENT	59€ Au lieu de 82,80€	69€ Au lieu de 114,40€	89€ Au lieu de 174,40€
	29 % de réduction*	40 % de réduction*	49 % de réduction*

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à :

Service Abonnements Pour la Science – 56, rue du Rocher – 75008 Paris – Courriel : serviceclients@groupepouirlascience.fr

PAG21REN



**OUI, je m'abonne
pour 1 an à** **Pour la Science**

2 / J'indique mes coordonnées

☐ M. ☐ Mme

Nom : Prénom :

Adresse :

Code postal : Ville :

Téléphone :

Courriel : (indispensable pour la formule intégrale)

.....@.....

J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science

☐ OUI ☐ NON

3 / Je choisis mon mode de règlement

☐ Par chèque à l'ordre de Pour la Science



Pour un paiement par carte bancaire, rendez-vous sur
boutique.groupepouirlascience.fr/offres-rentree-PLS

1 / Je choisis ma formule (merci de cocher)

☐ **FORMULE
PAPIER**

• 12 n° du magazine papier

59€
Au lieu de 82,80€

1-F-PAP-N-12N-59€

☐ **FORMULE PAPIER
+ HORS SÉRIE**

• 12 n° du magazine papier
• 4 Hors-série papier

69€
Au lieu de 114,40€

1-F-HSPAP-P-12N-69€

☐ **FORMULE
INTÉGRALE**

• 12 n° du magazine
(papier et numérique)
• 4 Hors-série
(papier et numérique)
• Accès illimité aux contenus en ligne

89€
Au lieu de 174,40€

1-F-INT-P-12N-89€

* Réduction par rapport au prix de vente en kiosque et l'accès aux archives numériques. Durée d'abonnement : 1 an. Délai de livraison : dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre valable jusqu'au 31/03/2022 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site boutique.groupepouirlascience.fr. Photos non contractuelles. Vous pouvez acheter séparément les numéros de Pour la Science pour 6,90 € et les hors-séries pour 7,90 €.

Les informations que nous collectons dans ce bulletin d'abonnement nous aident à personnaliser et à améliorer les services que nous vous proposons. Nous les utiliserons pour gérer votre accès à l'intégralité de nos services, traiter vos commandes et paiements, et vous faire part notamment par newsletters de nos offres commerciales moyennant le respect de vos choix en la matière. Le responsable du traitement est la société Pour la Science. Vos données personnelles ne seront pas conservées au-delà de la durée nécessaire à la finalité de leur traitement. Pour la Science ne commercialise ni ne loue vos données à caractère personnel à des tiers. Les données collectées sont exclusivement destinées à Pour la Science. Nous vous invitons à prendre connaissance de notre charte de protection des données personnelles à l'adresse suivante : <https://rebrand.ly/charte-donnees-pls>. Conformément à la réglementation applicable (et notamment au Règlement 2016/679/UE dit «RGPD») vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition, d'effacement, à la portabilité et à la limitation de vos données personnelles. Pour exercer ces droits (ou nous poser toute question concernant le traitement de vos données personnelles), vous pouvez nous contacter par courriel à l'adresse protection-donnees@pouirlascience.fr.

Groupe Pour la Science - Siège social : 170 bis, boulevard du Montparnasse, CS20012, 75680 Paris CEDEX 14 - Sarl au capital de 32 000€ - RCS Paris B 311 797 393 - Siret : 311 797 393 000 23 - APE 5814 Z