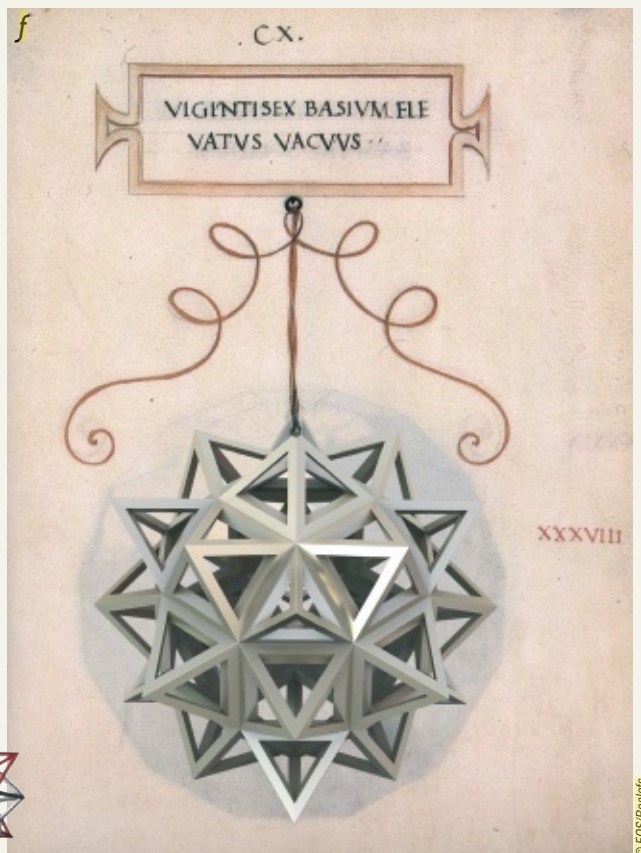
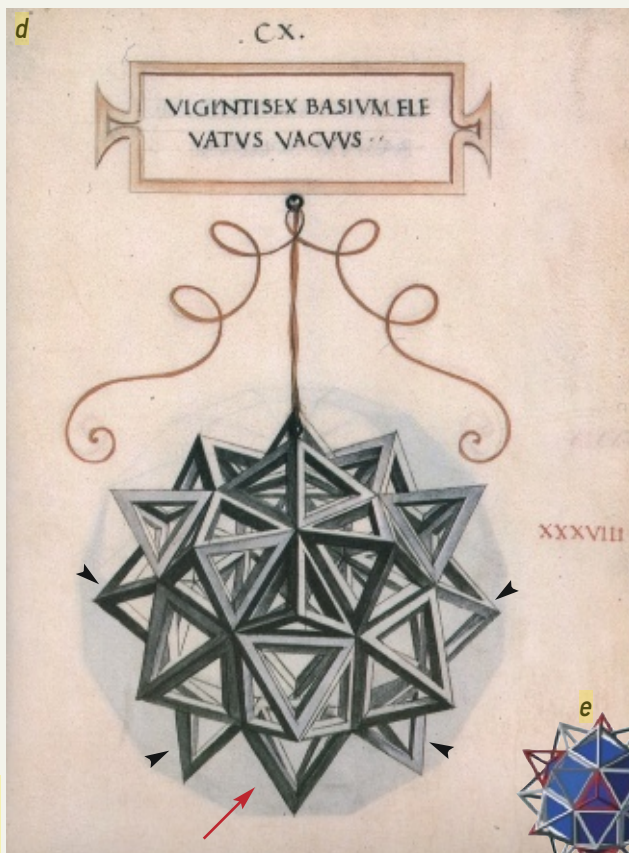


Regards



 IDÉES DE PHYSIQUE

Vitesse de la lumière et four à micro-ondes

Contrairement à ce que d'aucuns affirment, la visualisation des ondes stationnaires dans un four à micro-ondes ne permet pas de mesurer facilement la vitesse de la lumière.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

De nombreux sites Internet francophones ou anglophones proposent de réaliser une expérience sympathique et éclairante avec un four à micro-ondes : visualiser la figure des ondes stationnaires formées dans le four par les ondes électromagnétiques et en mesurer la longueur d'onde, pour en déduire la valeur de la vitesse de la lumière. Cette proposition séduisante repose hélas sur des idées trop simplistes. Il est en effet bien difficile de dépasser le stade qualitatif, en raison de la nature tridimensionnelle des ondes stationnaires – même si, par chance, il arrive parfois que le résultat numérique obtenu ne s'écarte que de quelques pourcents de la valeur attendue...

L'expérience est rapide et facile à faire. Son résultat étonnera petits et grands qui auront passé ensemble un agréable moment en cuisine. Voici la procédure à suivre (en présence d'un adulte). D'abord, retirez le plateau tournant de votre four à micro-ondes et prévoyez quatre cales en carton sur lesquelles reposera une feuille de carton rectangulaire rigide légèrement plus petite que le four.

Disposez sur cette feuille une tablette de chocolat, ou des marshmallow, ou du blanc d'œuf... Les recettes que l'on peut trouver sont fort variées ; il suffit d'utiliser une substance contenant de l'eau et dont l'échauffement provoque une transformation visible. En ce qui nous concerne, afin de répéter l'expérience facilement et pour un coût modeste, nous avons opté pour de l'emmental râpé, que l'on saupoudre sur la feuille de papier ou de carton (voir la figure 1). Lorsque le fromage fond, la matière

grasse qui suinte imbibé le papier, ce qui facilite la visualisation.

Enfin, mettez en route le four et surveillez ce qui se passe par la fenêtre du four ou en ouvrant régulièrement la porte. Pour le gruyère râpé, un chauffage de 30 secondes semble convenir. Vous observerez alors que l'échauffement par les micro-ondes ne se produit qu'à certains endroits, et que la distance caractéristique entre deux endroits fondus (ou cuits) est de l'ordre de quelques centimètres (voir la figure 2).

Expérience simple, explication simpliste

Comment interpréter cette expérience ? Les parois métalliques intérieures sont, pour les micro-ondes produites par le four, comme des miroirs sur lesquels ces ondes

se réfléchissent. Quelle est la résultante de la superposition de toutes les ondes se propageant dans la cavité du four ? La situation est analogue à celle d'une corde vibrante, où l'onde qui se propage dans une direction interfère avec l'onde qui se propage dans la direction opposée.

Si la fréquence de ces ondes est appropriée, il y a résonance et la corde exhibe le profil caractéristique d'une onde stationnaire : en certains points, les « ventres », la corde vibre avec une amplitude maximale, tandis qu'à d'autres, les « nœuds », elle est immobile (voir la figure 2). Dans cette situation unidimensionnelle, la distance entre deux ventres ou deux nœuds successifs est égale à une demi-longueur d'onde, tandis que la longueur totale de la corde est égale à un nombre entier de demi-longueurs d'onde.

Il est alors tentant de faire brutalement l'analogie entre corde vibrante et four à micro-ondes, l'amplitude de la vibration de la corde correspondant à l'amplitude d'oscillation du champ électrique de l'onde électromagnétique. Là où elle est maximale (les ventres), le fromage, qui contient un peu d'eau, est davantage chauffé, ce qui fait fondre en premier la matière grasse présente à cet endroit. En mesurant la distance entre deux zones fondues et en multipliant par deux, on obtient la longueur d'onde.

Connaissant la fréquence des ondes créées par le four (2,45 gigahertz), on en déduit la vitesse de la lumière par une simple multiplication (la vitesse d'une onde est égale au produit de sa longueur d'onde par sa fréquence) : ainsi, lorsqu'on mesure une distance de six centimètres, on trouve une vitesse de 294 000 kilomètres par seconde,



1. CECI N'EST PAS UNE RECETTE... de cuisine, mais de physique : commencez par saupoudrer du gruyère râpé sur une feuille de carton rigide qui reposera dans le four à micro-ondes sur quatre cales de carton. Puis...