

ART & SCIENCE

La Tour de Babel et la diversité des... spirales

La plupart des représentations de l'édifice mythique qui serait à l'origine de la diversité des langues montrent – à l'inverse des sources historiques et archéologiques –, une tour spiralée. Mais de quelle spirale s'agit-il ?

Loïc MANGIN

L'épisode biblique de la Tour de Babel (*Genèse*, 11) est célèbre. Après le Déluge, les hommes qui parlent alors tous la même langue s'installent dans le pays de Shinéar et décident d'y construire une ville, Babel, ainsi qu'une tour assez haute pour toucher le ciel et atteindre Dieu. Lequel prend ombrage de cette prétention et y met fin en introduisant des langues différentes : les hommes ne se comprennent plus, et le projet architectural est abandonné.

Le mythe a fait flores et l'on ne compte plus ses adaptations, en musique, en littérature, mais aussi au cinéma et surtout en peinture. Les représentations les plus célèbres sont celles du peintre flamand Pieter Brueghel l'Ancien (1525-1569) dont les deux *Tour de Babel*, la grande (*voir la figure f*) et la petite, sont conservées respectivement à Vienne et à Rotterdam. Dans ces deux œuvres, comme dans la plupart des autres, la tour est une spirale, la forme qui nous intéressera ici.

D'abord, remarquons que ce choix est étonnant au regard de l'histoire et de l'archéologie. En effet, Shinéar désigne la région de Sumer en Mésopotamie, et Babel serait ainsi Babylone, dans l'actuel Iraq. Le mythe de la Tour de Babel aurait alors été inspiré aux Juifs (leur population, ou du moins leur élite, a été déportée à Babylone au VI^e siècle avant notre ère, après la prise de Jérusalem par le roi Nabuchodonosor II) par la grande ziggourat de Babylone. Il s'agissait d'un édifice religieux dédié au dieu Mardouk et nommé Etemenanki, c'est-à-dire « la maison du fondement du ciel et de la terre ». Or, à en croire le témoignage

d'Hérodote et l'empreinte au sol de la ziggourat encore visible aujourd'hui, le bâtiment, certes l'un des plus imposants de l'Antiquité avec ses probables 90 mètres de hauteur, avait une base... carrée et non circulaire !

Selon certains, la forme spiralée de la plupart des représentations picturales de la Tour de Babel aurait été influencée par celle du minaret de la mosquée de Samarra, à 200 kilomètres au Nord du site de Babylone. Précisons que cette tour du IX^e siècle n'a aucun lien avec l'antique Babylone. Néanmoins, sa forme est proche de celle que l'on voit dans

La Tour de Babel aurait été inspirée par la ziggourat de Babylone, édifice dont la base était... carrée !

l'œuvre de Brueghel. Que peut-on dire de cette spirale d'un point de vue mathématique ?

Une spirale est une courbe dont les points s'éloignent d'un centre donné à mesure qu'elle tourne autour. Lorsqu'on utilise des coordonnées polaires (chaque point étant repéré par un angle θ et la distance p au centre), la spirale est décrite par une relation $p = f(\theta)$, où f est une fonction continue et monotone. Selon cette fonction, on distingue de nombreux types de spirales : citons les spirales logarithmiques $p = ae^{k\theta}$ (*voir la figure c*) et les spirales archimédiennes $p = a\theta^n$... Parmi ces dernières, on trouve la spirale d'Archimède correspondant à $n = 1$ (*voir la figure a*).

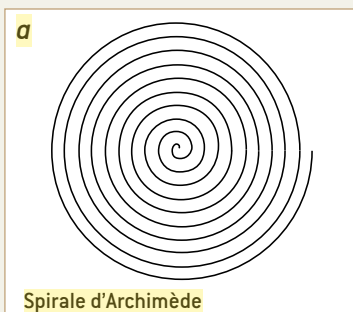
Rapprochons-nous de la Tour de Babel et ajoutons une troisième variable, la hauteur. On obtient alors une spirale en trois dimensions

telles que les spirales coniques de Pappus et de Pirondini. La première est la trajectoire d'un point se déplaçant uniformément sur une droite passant par un point O et tournant uniformément autour d'un axe vertical Oz avec un angle constant : la spirale est tracée sur un cône de révolution (*voir la figure b*). Lorsqu'on projette ce cône sur un plan, la spirale de Pappus devient la spirale d'Archimède.

Une spirale conique de Pirondini est une courbe tracée sur un cône quelconque et coupant les génératrices sous un angle constant. Quand le cône est de révolution, la spirale obtenue est une hélice conique (*voir la figure d*) qui, projetée sur un plan, correspond à une spirale logarithmique.

Comment identifier la spirale peinte par Brueghel ? Les vues du ciel de Samarra (*voir la figure e*), qui constituent des projections sur un plan, montrent que sur celles-ci les spires ont même largeur, comme dans une spirale d'Archimède : le minaret serait donc plutôt construit sur le modèle d'une spirale conique de Pappus. En outre, afin que tous les niveaux du ziggourat aient la même hauteur vus du sol, les architectes ont fait en sorte que la pente de la rampe diminue avec le diamètre de la tour. Ce stratagème plaide aussi pour une spirale conique de Pappus dont les spires apparaissent également équidistantes. D'ailleurs, une pente constante caractérise une hélice conique. On peut déduire de ces éléments que la *Tour de Babel* de Brueghel est une spirale conique de Pappus ! ■

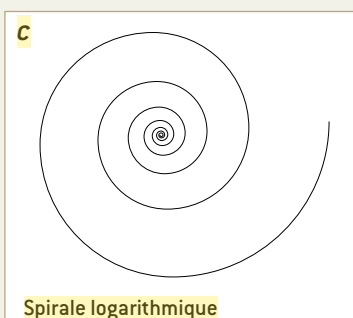
De nombreuses informations sur les spirales : www.mathcurve.com



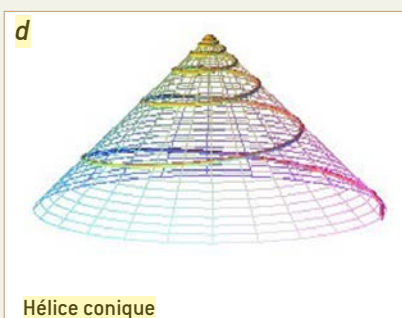
Spirale d'Archimède



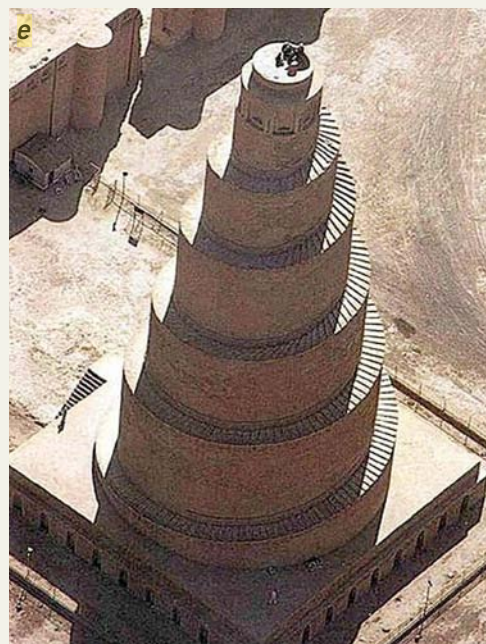
Spirale conique de Pappus



Spirale logarithmique



Hélice conique



© Shutterstock / Jorisio

IDÉES DE PHYSIQUE

Sculpter les sons

Des structures périodiques permettent de réfléchir certains sons ou de les piéger, selon leur fréquence et leur direction.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Lorsque l'artiste espagnol Eusebio Sempere créa dans un jardin madrilène une sculpture constituée d'un réseau bien régulier de tiges verticales d'acier, il ne se doutait pas qu'en ordonnant ainsi l'espace, il sculptait aussi l'ambiance sonore autour de son œuvre : selon l'endroit où il se trouve, le spectateur-auditeur n'entend pas les sons de certaines fréquences provenant de l'autre côté de l'œuvre. À son insu, Sempere avait fabriqué le premier « cristal sonore ». Comment ces structures agissent sur les ondes qui s'y propagent ?

Il a fallu attendre 1995, soit dix ans après le décès de l'artiste, pour que les propriétés acoustiques de la sculpture de

LES AUTEURS



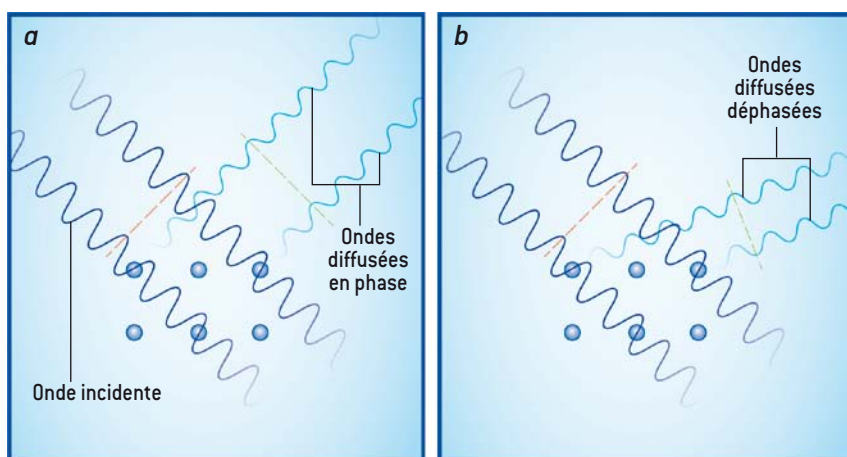
Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>

Sempere soient quantifiées par Francisco Meseguer et ses collègues, de l'Université polytechnique de Valence. Leurs mesures ont confirmé que l'atténuation de certaines fréquences sonores n'est pas due à l'absorption des sons par le matériau des tubes, comme dans certains revêtements antibruit. Les tubes d'acier, très rigides, diffusent efficacement les ondes sonores. Sans aucun élément absorbant, vibrant ou résonant, comment la sculpture peut-elle donc filtrer les sons ?

Des pics de diffraction

La réponse est à chercher dans l'agencement régulier des tubes, qui rappelle la répétition périodique d'un même motif atomique dans un cristal. Pour comprendre ce qui se passe, suivons le raisonnement tenu il y a un siècle par le physicien britannique William H. Bragg et son fils (australien) William L. Bragg lorsqu'ils ont interprété les figures de diffraction des rayons X par les cristaux.

Dirigeons un faisceau de rayons X, qui sont des ondes électromagnétiques, sur un cristal (voir la figure 1). Les atomes du cristal diffusent ces ondes dans toutes les directions. La longueur d'onde des rayons X étant comparable à la distance entre deux atomes voisins, la différence de chemin parcouru entre les ondes diffusées par ces atomes dans une direction donnée est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde du rayonnement. Lorsqu'on additionne les ondes diffusées par tous les atomes,



1. LORSQU'UNE ONDE INCIDENTE est diffusée par un grand nombre de petits éléments rangés avec une périodicité du même ordre de grandeur que la longueur d'onde, l'interférence est constructive pour certaines directions de diffusion (a, ondes en phase) et destructive (b, ondes déphasées) pour toutes les autres.