

Sérendipité Quand le hasard entraîne une grande découverte

L'épopée des ondelettes

À l'occasion des 350 ans de l'Académie des sciences, un de ses membres, le physicien Roger Balian, relate comment, par une série de rencontres, a émergé la théorie des ondelettes appliquée dans tous les domaines où l'on doit compresser des données

Les grands esprits se rencontrent, et parfois devant une photocopieuse ! L'épopée de la théorie des ondelettes en est l'illustration. Ce mot aussi obscur que poétique cache une avancée dont bénéficient tous les utilisateurs de signaux compressés, sons ou images. La majorité d'entre nous. L'histoire débute en France au milieu des années 1970. Jean Morlet est ingénieur de recherche chez Elf. « *C'est un théoricien travaillant sur l'analyse des signaux de prospection pétrolière. Le principe : on place un explosif dans le sol, on enregistre l'écho de la déflagration ; il reste à l'analyser pour déterminer ce qu'il y a dans le sous-sol* », résume Roger Balian, physicien.

L'ingénieur cherche à tirer le meilleur parti de ces signaux en les représentant de la manière la plus économique possible. « *La démarche s'apparente à la notation musicale* », explique Roger Balian. Un son pur permanent, comme la tonalité du téléphone, est une oscillation régulière, d'amplitude constante ; la fréquence de ses maxima successifs caractérise la hauteur du son. Au début du XIX^e siècle, le mathématicien Joseph Fourier montre que tout son peut se représenter comme une superposition de telles ondes pures élémentaires. Mais cette analyse convient mal à la musique où il faut noter la durée (croche, noire ou blanche) des sons ; ou à d'autres phénomènes vibratoires. Vers 1960, Dennis Gabor, inventeur des hologrammes, a l'idée d'analyser une vibration lumineuse complexe à l'aide de signaux simples, localisés dans le temps.

La photocopieuse, point de rencontre entre scientifiques

Chez Elf, Jean Morlet s'en inspire. Il considère une petite onde oscillant légèrement pendant une certaine durée, qu'il baptise ondelette, « *wavelet* » en anglais. « *En déplaçant et dilatant dans le temps cette ondelette fondamentale, il construit une famille de signaux élémentaires, qu'il superpose pour essayer de reconstituer toute forme de signal* », poursuit l'académicien. Le hasard intervient à travers une série de rencontres improbables. Jean Morlet et Roger Balian appartiennent à une même promotion (1952) de l'École polytechnique.

En 1975, l'ingénieur vient trouver le physicien, qui travaille au sein de l'Institut de physique théorique de Saclay, près de Paris. « *On se connaissait peu. Je me souvenais qu'il excellait au tennis ! Il avait testé sur ordinateur son analyse artisanale de signaux pétroliers mais son entourage n'appréciait pas l'intérêt de ces idées. Doutant, il souhaitait un avis extérieur* », se remémore Balian. En élaborant son approche, pourrait-on caractériser un signal à l'aide du plus petit nombre possible de données et ainsi le manipuler efficacement ? Roger Balian siège alors au comité de direction du Centre



« Dans les champs de l'observation, le hasard ne favorise que les esprits préparés »
Louis Pasteur (1854)

de physique théorique de Marseille. Il a l'intuition de mettre Morlet en contact avec Alex Grossmann, qui travaille dans ce labo sur les ondes électroniques dans les matériaux. « *J'ai pensé que l'esprit ingénieur de Morlet et la familiarité de Grossmann avec l'analyse de Fourier étaient complémentaires.* » En effet, Morlet et

tel article paru dans une revue. À Polytechnique, le Centre de physique théorique et celui de mathématiques doivent s'en partager une, entre les deux labos. La file est souvent longue. « *Un jour, dans la queue, Jean Lascoux parle de l'aventure de Morlet et Grossmann au mathématicien Yves Meyer. Celui-ci s'enthousiasme, en discute avec des collègues, la communauté mathématique s'en empare...* » Dix types d'ondelettes verront le jour. L'impulsion donnée par Jean Morlet a ainsi donné naissance, grâce principalement à Yves Meyer, à la théorie mathématique des ondelettes, efficace et rigoureuse avec ses théorèmes.

« La démarche s'apparente à la notation musicale »

Roger Balian

Grossmann sèment ensemble les bases de la théorie des ondelettes.

En 1979, un nouveau hasard élargit cette théorie et la fait entrer dans un cadre mathématique. Roger Balian enseigne alors à l'École polytechnique, à Palaiseau (Essonne). Il y rencontre souvent son ami Jean Lascoux, chercheur au Centre de physique théorique. « *Quand on avait un problème, on allait voir Lascoux ! Un puits de science, un homme d'une curiosité et d'une culture extrêmes. Il a joué un rôle de catalyseur pour d'innombrables chercheurs.* » Balian lui conte l'idée de Morlet.

Dans cette ère d'avant Internet, la photocopieuse est le point névralgique où se rendent les scientifiques pour reproduire

Aujourd'hui, cette théorie intervient dans tous les domaines où des données sont analysées et compressées : son (le format MP3), photo (JPEG), vidéo (MPEG), cartographie, médecine. Cette avancée aurait-elle eu lieu sans ce ping-pong intellectuel entre recherche appliquée et théorie, entre un ingénieur, des physiciens théoriciens, un « catalyseur » et des mathématiciens ? « *Avec l'avènement des ordinateurs individuels, constate Roger Balian, on se rencontre moins. Les moteurs de recherche tuent le hasard, on n'ouvre plus une revue à la "mauvaise" page. Au risque de ne trouver que ce que l'on cherche !* »

Juliette Demey @juliettedemey

La semaine prochaine : l'erreur de Poincaré